

**Vergleichende Untersuchungen
der planimetrischen und morphischen Bestimmung
des Knochenalters der Hand an Kindern
mit nicht-endokrinem Minderwuchs**

Bernhard Klein

1976

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Aus der Kinderklinik der Universität München
Direktor: Prof.Dr.Betke

Vergleichende Untersuchungen der planimetrischen
und morphischen Bestimmung des Knochenalters der
Hand an Kindern mit nicht-endokrinem Minderwuchs

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Bernhard Klein
aus
Deggendorf

München, Juli 1976



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität
München

Berichterstatter:	Dr.med.H.Fendel
Mitberichterstatter:	Dr.med.Butenandt
Dekan:	Prof.Dr.med.W.Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	12. 10. 1976

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG	1
VORBEMERKUNGEN	2
DAS KNOCHENALTER DER HAND	5
METHODEN DER KNOCHENALTERSBESTIMMUNG	
Überblick	8
Methode nach Greulich-Pyle	10
Planimetrische Methode	15
DEFINITION UND FORMEN DES MINDERWUCHSES	16
FRAGESTELLUNG	20
EIGENE UNTERSUCHUNGEN	
PATIENTENGUT	20
METHODIK	
Auswertung nach Greulich-Pyle	23
Auswertung nach der planimetr. Methode	24
ERGEBNISSE	
Greulich-Pyle - planimetrische Methode	25
Methodenalter - Kalenderalter	26
Methodenalter - Längenalter	28
Methodenalter - Gewichtsalter	30
Einzelknochenalter	30
DISKUSSION DER ERGEBNISSE	32
ZUSAMMENFASSUNG	35
ANHANG	37
Diagramme	38
Literaturverzeichnis	67
Lebenslauf	73



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553811_0003

EINLEITUNG

Es ist ärztlich oft erforderlich, den Entwicklungsstand eines Kindes zu beurteilen.

Entwicklung besteht aus Wachstums- und Differenzierungsvorgängen, die mit einer gewissen Regelmäßigkeit ablaufen. Im Einzelfall können jedoch erhebliche Schwankungen auftreten.

Will man den Entwicklungsstand eines Kindes feststellen, so müßte man den Entwicklungsgrad aller zur Entwicklung gehörenden Teilvorgänge bestimmen und daraus einen Durchschnittswert ableiten, der für den Gesamtentwicklungsstand repräsentativ wäre. Da dies in der Praxis nicht durchführbar ist, benötigt man eine Auswahl von Bezugsgrößen, die den somatischen Entwicklungsstand am besten angeben können. Die röntgenologische Beurteilung der Skelettentwicklung eignet sich besonders dazu, da zwischen der allgemeinen Entwicklung und der Skelettentwicklung enge Beziehungen bestehen (6,29).

Eine Reihe der verwendeten Bezugsgrößen kann jedoch diese Aufgabe nicht erfüllen. So sind Körpergröße und Gewicht brauchbare Parameter des Wachstums, jedoch ungeeignet für die Beurteilung der körperlichen Reife.

Angaben der normalen Größen- und Gewichtsentwicklung liegen in Form von Tabellen und Somatogrammen vor. (Baldwin 1910, Stuart und Stevenson 1959, Vogt 1959, Tanner 1958, Tanner et al. 1959). Neben dem Mittelwert ist in diesen Tabellen jeweils der Normbereich angegeben. Dieser Normbereich wird entweder mit Perzentilen oder mit Standardabweichungen umschrieben. Tabellen und Kurven dieser Art sollen nicht älteren Datums sein. Auch sollen sie sich aus ähnlichen Populationen ableiten.

Um Größe und Gewicht mit dem Knochenalter vergleichen zu können, werden beide Parameter mit Hilfe von Wachs-

tumstabellen in Längenalter bzw. Gewichtsalter umgewandelt und in Monaten angegeben (Baldwin 1910, 1923, Core und Palmer 1949, Sutteliff 1952, Stuart 1952, 1959, Tanner 1952, 1966). Umgekehrt läßt sich jedoch von einem Längenalter (Gewichtsalter) nicht auf eine bestimmte Körpergröße (Gewicht) schließen. Beide Begriffe sind demnach unkorrekt. Sie sind überdies ungenau, da sie Längen- bzw. Gewichtsangaben mit Altersangaben zu vereinen suchen. Das Längenalter bietet jedoch die Möglichkeit, das Wachstum eines Kindes mit einer Normgruppe gesunder Kinder vergleichen zu können. Diese klinische Bedeutung ist Ursache dafür, daß der an sich ungenaue Begriff Längenalter häufig verwendet wird. Das Gewichtsalter hingegen zeigt individuell erhebliche Schwankungen und ist daher ein unbrauchbarer Parameter des Wachstums.

Nach Budliger (3) könnten nur dann Größe und Gewicht mit dem Knochenalter verglichen werden, wenn beide Werte als Abweichung vom normalen Mittelwert ausgedrückt und in Standardabweichungen angegeben würden.

Weitere Parameter des Wachstums sind Sitzgröße, Arm- und Beinlänge, Schulter- und Hüftbreite, Brustumfang, Oberarm-, Oberschenkel-, Knie-, Handgelenk- und Kopfumfang, Körperoberfläche, Zuwachs an subkutanen Fett, sowie das Verhältnis Extremitätenlänge-Rumpflänge (Vickers und Stuart 1943, Simmons 1944, Gray und Ayres 1931, Bayer und Bayley 1959, Watson und Lowrey 1962, Tanner 1966).

VORBEMERKUNGEN

Die röntgenologische Beurteilung der Skelettentwicklung und damit die Bestimmung des Knochenalters (=Skelettalter, Ossifikationsalter) bietet im Gegensatz zu den vorher erwähnten Parametern die Möglich-

keit, eine repräsentative Aussage über den Entwicklungsstand eines Kindes (=Reife, biologisches Alter) machen zu können. So hat sich die Bestimmung des Knochenalters zu einem wichtigen Hilfsmittel der pädiatrischen Praxis entwickelt. Es läßt sich verwenden zur Beurteilung der normalen oder gestörten körperlichen Entwicklung, zur Voraussage der Menarche, der Erwachsenengröße und der Extremitätenendlänge.

Die Verknöcherung des Skeletts beginnt im zweiten Embryonalmonat. Eine Reihe von Knochenelementen (Epiphysenkerne der langen Röhrenknochen, Carpalia, Tarsalia, Sesambeine, Apophysen) entsteht erst postnatal. Die röntgenologischen Methoden der Knochenaltersbestimmung benützen als Indikatoren der biologischen Reife das Sichtbarwerden dieser sekundären Ossifikationszentren sowie deren Größenzunahme und Formänderung.

Es zeigte sich, daß das Knochenalter eine bessere Korrelation zum Wachstums- und Pubertätsverlauf als die übrigen anthropometrischen Kriterien besitzt. Das Knochenalter sagt jedoch nicht aus, ob ein Kind normal oder nicht normal entwickelt ist, sondern es ist ein Maß für seinen Reifegrad im Vergleich zur Durchschnittsgruppe. Überdies ist das Knochenalter von der Bestimmungsmethode abhängig. Das Knochenalter an sich gibt es also nicht.

Im Normalfall stimmen Knochenalter und Kalenderalter innerhalb einer gewissen Variationsbreite überein (21). Eine Änderung dieser Beziehung wird, ausgeprägter als beim Zahnalter, durch verschiedene Faktoren bewirkt (23, 27, 43, 50).

Harnack, v. (19) fand einen Zusammenhang zwischen der Form und der Größe der Knochenkerne und der Schwangerschaftsdauer. Garn (11, 12) beschrieb eine direkte Abhängigkeit zwischen der Körpergröße der Eltern und deren Kinder. Patton und Gardner (30)

sowie Markuske (27) fanden sogar eine Beziehung zwischen dem Knochenalter und dem sozialen Umfeld der Kinder. Folgende Übersicht, zusammengestellt aus den Arbeiten von Garn (13) und Harnack, v. (19) zeigt, welche krankhaften Störungen Einfluß auf das Knochenalter nehmen können:

	Knochenalter
1) Gonaden	↑↑
Hypergonadismus	
Hypogonadismus	N oder (↓)
Pubertas praecox	(↑) dann N
Pubertas tarda	(↓) dann N
2) Nebennierenrinde	
Kortikale Insuffizienz	(↓)
Kortikale Hyperaktivität	(↓)
Adrenogenitales Syndrom	↑↑↑
3) Nebenschilddrüse	
Hyperparathyreoidismus	(N)
Hypoparathyreoidismus	(N)
4) Schilddrüse	
Hypothyreose	↓↓↓
Hyperthyreose	(↑)
5) Hypophyse	
Hypophysärer Riesenwuchs	N oder (↓)
Hypophysärer Zwergwuchs	↓↓
6) Chromosomale Aberration	
Turner Syndrom	N oder (↓)
Klinefelter Syndrom	N oder (↓)
7) Allgemeine Faktoren	
Chronische Krankheiten	(↓)
Unterernährung	(↓)
Adipositas	N oder (↑)
Primordialer Minderwuchs	N oder (↓)
Primordialer Riesenwuchs	N oder (↑)
Rachitis	N oder (↓)

Zeichenerklärung zu der Übersicht von Seite 4:

Knochenalter gelegentlich beschleunigt	(↑)
Knochenalter beschleunigt	↑
Knochenalter stark beschleunigt	↑↑
Knochenalter normal	N
Knochenalter gelegentlich verzögert	(↓)
Knochenalter verzögert	↓
Knochenalter stark verzögert	↓↓

DAS KNOCHENALTER DER HAND

Grundsätzlich eignen sich alle diejenigen Abschnitte des Skeletts zur Bestimmung des Knochenalters, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt auftretende Knochenkerne mit auffälligen Formänderungen aufweisen. Die Hand stellt jedoch in Folge der auf engem Raum zusammenliegenden Knochenelemente einen besonders geeigneten Körperabschnitt dar.

1908 benutzte Rotch (36) als erster die Hand zur Knochenaltersbestimmung. Seither suchte man zu beweisen, daß das Knochenalter der Hand für die Reife des Gesamtskeletts repräsentativ ist. Hinweise dafür, daß das Knochenalter der Hand für die Reife des Gesamtskeletts repräsentativ ist, liegen in der ausgeprägten Korrelation des Knochenalters der Hand zum Knochenalter der verschiedenen Körperabschnitte sowie in der positiven Korrelation zur erreichbaren Erwachsenengröße (zit. n. Roche 35).

Dennoch fanden Köhler 1911, Long und Caldwell 1928, Sontag und Lipford 1943, sowie Mann, Dreizen und Pyle ein unterschiedliches Knochenalter in den einzelnen Körperabschnitten. Roche (35), Moll (29) und Bruns (6) veröffentlichten ähnliche Ergebnisse. Garn (14) hielt die alleinige Aufnahme der Hand im Zeit-

raum zwischen dem zweiten und sechsten Lebensjahr für ein unzuverlässiges Kriterium der körperlichen Reife.

Nach Budliger (3) können in Einzelfällen Abweichungen bis zu 18 Monaten auftreten. Er hält aber im allgemeinen die Unterschiede zwischen den einzelnen Körperabschnitten für so gering, daß sie vernachlässigt werden können. Nur für schwierige Fälle empfiehlt er, zusätzlich Aufnahmen anderer Körperabschnitte anzufertigen. Hier reicht, ebenso wie bei Kindern bis zum ersten Lebensjahr, eine Aufnahme der Hand nicht aus.

Größere Unterschiede zwischen dem Knochenalter der rechten und linken Hand wurden von Long und Caldwell, Allen, Sontag und Lipford, sowie von Dreizen berichtet. Mines und Holly sowie Flecker fanden diesbezüglich im Gegensatz zu Elgenmark einen Vorsprung der rechten Hand (zit. n. Roche 35).

Roche (35) hingegen fand in einer umfangreichen Untersuchung keine ausgeprägten Unterschiede zwischen dem Knochenalter der linken und rechten Hand. Er fand in der Mehrzahl der Knaben und Mädchen rechts und links die gleiche Anzahl Knochenkerne. Nur in einem geringen Prozentsatz war das Knochenalter der linken Hand größer. Dies war bei den Knaben ausgeprägter als bei den Mädchen. Der größte Seitenunterschied betrug annähernd zwei Monate. Die Untersuchungen von Greulich und Pyle (zit. n. Roche 35) stimmen mit diesen Ergebnissen überein.

Nach Budliger (3) können diese geringen Seitenunterschiede vernachlässigt werden. So genügt es, nur eine Hand zu röntgen. Dies ist in der Regel die linke Hand.

Die einzelnen Knochenkerne der Hand sind von unterschiedlicher Bedeutung für die Bestimmung des Knochenalters.

Im Gegensatz zu Johnson et al. (22) fand Graham (16),

daß der Ausschluß der Carpalia die Genauigkeit der Knochenaltersbestimmung verbessern würde. Hansmann und Maresh (18) hielten ebenfalls die Carpalia für aussageschwächer als die Epiphysen.

Garn und Rohmann (10) sowie Garn, Silverman und Rohmann (14) haben diesbezüglich an Kindern bis zu sieben Jahren nachgeprüft, welche Knochenkerne die zuverlässigsten Aussagen machen. Dazu haben sie den mittleren Korrelationskoeffizienten jedes einzelnen Knochen zum Gesamtskelettalter errechnet und eine Rangfolge der verschiedenen Indikatoren erstellt. Unter den zehn besten Indikatoren waren ausschließlich kleine Fingerepiphysen. Radius- und Ulnaepiphyse sowie sämtliche Carpalia waren nicht darunter. Da aber die Fingerepiphysen bei den Mädchen erst gegen Ende des ersten Lebensjahres, bei den Knaben erst im zweiten Lebensjahr erscheinen, würde der vorgeschlagene Ausschluß der Carpalia einen klinisch wichtigen Lebensabschnitt übergehen.

Budliger (3) erhofft sich in den nächsten Jahren durch die longitudinalen Wachstumsstudien des Centre Internationale de L'Enfance, Paris, eine Klärung dieses Problems.

Schon 1908 fand Pryor, daß Mädchen schneller reifen als Knaben (zit. n. Hansmann und Maresh 18). Der Vorsprung im Knochenalter der Hand der Mädchen gegenüber den Knaben kann für das Capitatum einen Monat, für das Multangulum minus zwei Jahre betragen. (41). Nach Stuart et al. (41) erscheint bei den Mädchen ein Großteil der Kerne in den ersten drei Jahren, bei den Knaben in den ersten vier Jahren.

Arbeiten über Erscheinungsdaten und Erscheinungsfolge der Knochenkerne der Hand veröffentlichten Flory 1935, Baldwin und Todd 1937, Francis, Werle, Pyle und Sontag 1943, Robinow und Wilkins 1951, Stuart und

Stevenson 1951, Mackay 1952, Sutow 1953, Greulich und Pyle 1959, Garn und andere. Die Reihenfolge, in der die Kerne erscheinen, ist bei den einzelnen Arbeiten unterschiedlich. Garn (15), Pyle (32), Hansmann und Maresh (18) fanden diesbezüglich eine Variation im Erscheinen der Carpalia.

METHODEN DER KNOCHENALTERBESTIMMUNG

Überblick

Nach Sauvegrain (37) lassen sich drei Hauptgruppen der Knochenalterbestimmung unterscheiden, nämlich quantitative, metrische und morphologische Verfahren der Knochenaltersbestimmung.

1) Quantitative Methoden

a) Numerische Methoden

Bei den numerischen Methoden wird die Zahl der erschienenen Ossifikationszentren abgezählt und danach das Knochenalter bestimmt: Vogt, Snell, Anderson, Lury, Levy und Lefebvre, Elgenmark (zit. n. Sauvegrain 37) und Garn (13).

Mit diesen Verfahren sind ein hoher Zeitaufwand sowie eine nicht zu vertretende Strahlenbelastung verbunden.

b) Chronologische Methoden

Bei diesen Verfahren erfolgt die Skelettalterbestimmung nach Age-of-Appearance-Listen. Hierbei wird das Knochenalter nach den zuletzt erschienenen Ossifikationszentren angegeben, deren Erscheinen in diesen Listen vermerkt ist: Lelong, Wilkins und Vickers-Harding, Garn et al..

Nach Sauvegrain (37) bringen diese Verfahren eine Verbesserung gegenüber den numerischen Methoden. Außerdem erlauben sie die Aufnahme nur einzelner Körperab-

schnitte. Beide Methoden übergehen jedoch Form- und Größenveränderungen der Knochenkerne.

2) Metrische Methoden

a) Lineare Methoden

Die linearen Methoden bestimmen Breite und Länge der Ossifikationskerne.

Neben Stettner, Munk, Flory und Catell haben Schmid und Moll 1960 Standards für die lineare Größenentwicklung der Knochenkerne veröffentlicht (38,39). Eklöf und Ringertz (8) verbesserten diese Methoden, indem sie zehn repräsentative Kerne auswählten.

b) Planimetrische Methoden

Die planimetrischen Verfahren bestimmen die Fläche der Knochenkerne.

Beiträge zum flächenmäßigen Knochenwachstum haben als erste Reynolds und Kelly veröffentlicht (zit. n. Bugyi 7). Carter 1926 und Baldwin 1928 verfaßten ebenfalls planimetrische Studien.

Schulte-Brinkmann, Konrad et al. (40) hielten die linearen und planimetrischen Methoden für gleichwertige Verfahren.

3) Morphische Methoden

Die morphologischen Methoden konzentrieren sich auf Form- und Größenänderungen der Ossifikationskerne.

a) Atlasmethoden

Die Röntgenaufnahme der Hand wird, nach Knaben und Mädchen getrennt, mit den Standardabbildungen des Atlas verglichen. So kommt man zu einem Urteil, welcher abgebildeten Hand die vorliegende Hand gleicht. Der zugehörige Standard ergibt das gesuchte Knochenalter.

b) Bone-specific bone-age

Nach diesem Verfahren wird an Stelle des summarischen Vergleichs der Atlasmethode für jeden einzelnen Knochenkern ein Knochenalter bestimmt. Aus der Summe dieser Einzelknochenalter läßt sich das zentrale Knochenalter bestimmen.

Die bekannteste Methode ist das Verfahren nach Greulich-Pyle.

c) Score-Methoden

Bei diesen Verfahren wird jeder Entwicklungsstufe des Knochenkerns ein Punktwert zugemessen, um eine kontinuierlichere Verteilung als bei den übrigen morphischen Verfahren zu erreichen. Die einzelnen Punktwerte ergeben eine Punktsumme, die sich in das gesuchte Knochenalter umwandeln läßt: Acheson, Tanner-Whitehouse (45,46).

Methode nach Greulich-Pyle

Greulich und Pyle beschreiben die Reifekriterien der Knochenkerne der Hand.

Innerhalb des Handskeletts sind röntgenologisch 29 Ossifikationskerne nachweisbar. Diese machen vom Zeitpunkt ihres Erscheinens bis zum Epiphysenschluß Veränderungen durch, die Größe, Form und Lage betreffen und bei Kindern verschiedener Rasse gleich sind. Diese Formveränderungen werden im englischen Schrifttum als "Maturity Indicators" bezeichnet.

Folgende Formänderungen der 29 Knochenkerne der Hand wurden von Greulich und Pyle beschrieben:

Radius-, Ulnaepiphyse	11 Formänderungen
Capitatum, Hamatum	9 "
Triquetrum, Pisiforme,	8 "
Lunatum, Naviculare	8 "
Metacarpus 1, Multangulum minus	10 "
Multangulum majus	

Metacarpus 2,3,4,5	9 Formänderungen
Grundphalanx 1	10 "
Grundphalanx 2,3,4,5	9 "
Mittelphalanx 2,3,4,5	9 "
Endphalanx 1,2,3,4,5	10 "

Durch Beobachtung dieser Formänderungen bei wachstumsgesunden Kindern bis zu einem Jahr in vierteljährlichen, später in halbjährlichen (1.-5. Lebensjahr) und in jährlichen Abständen (5.-19. Lebensjahr) wurden die entscheidenden Kriterien herausgearbeitet und in Form von Standardabbildungen zu einem Atlas der Handskelettentwicklung zusammengefaßt. Die erste Auflage des "Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist" (17) erschien 1950, die zweite 1959. Diese stellt seitdem das Standardwerk der Knochenaltersbestimmung dar. 1972 erschien ein weiterer Atlas von Pyle, Greulich und Waterhouse (33).

Greulich und Pyle ordneten jeder Entwicklungsstufe der Einzelkerne, getrennt nach Knaben und Mädchen, einen bestimmten Standard zu, der sich in ein Einzelknochenalter umwandeln läßt (bone-specific bone-age). Aus der Summe dieser Einzelknochenalter wird der Zentralwert bestimmt und in Monaten angegeben.

Bei dem Verfahren nach Greulich-Pyle sind Interpolationen nicht möglich. Veränderungen innerhalb kurzer Perioden lassen sich daher nicht beurteilen. Diesen Nachteil hielt Acheson (1) für sehr schwerwiegend. Die Methode Greulich-Pyle ist dennoch das gebräuchlichste Verfahren, da es bei geringer Strahlenbelastung einfach durchzuführen ist und ein ausreichend genaues Knochenalter ergibt.

Johnson et al. (22) sowie Roche et al. (34) haben diese Methode auf ihre Zuverlässigkeit überprüft. Sie fanden bei wiederholten Bestimmungen durch den-

selben Auswerter eine Abweichung von drei bis fünf Monaten. Nach Auswertung der gleichen Röntgenbilder durch verschiedene Untersucher ergab sich eine Differenz von ein bis vier Monaten zwischen den einzelnen Untersuchern. Hansmann und Maresh (18) und Mainland (24,25) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Bland et al. (5) fanden einen Einfluß auf das Knochenalter bei Kenntnis der Diagnose.

Bei genauer Betrachtung der Methode nach Greulich-Pyle findet man bei einzelnen Kernen, daß trotz auffälliger Änderung der Gestalt und Größe der Kerne der Standard gleich bleibt. Die folgenden Beispiele sind dem Atlas von Greulich und Pyle entnommen (Nachzeichnungen).

1)

a) Grundphalanx 1, Knaben

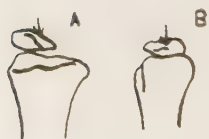


Standard 20

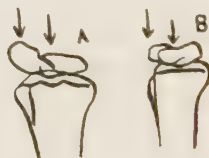


Standard 20

b) Ulnaepiphyse, Knaben



Standard 17

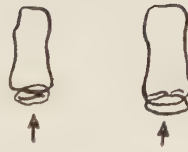


Standard 17

c) Mittelphalanx 5, Knaben



Standard 5



Standard 5

d) Naviculare, Mädchen



Standard 13



Standard 13

2) In anderen Fällen beobachtet man trotz auffälliger Änderung der Form und Größe der Ossifikationskerne nur eine geringe Erhöhung des Standards.

a) Ulnaepiphyse, Mädchen, Wechsel Standard 16-17



Standard 16



Standard 17

b) Naviculare, Knaben, Wechsel Standard 16-17
" , Mädchen, Wechsel Standard 13-14



Knaben, Standard 16
Mädchen, Standard 13



Knaben, Standard 17
Mädchen, Standard 14

- c) Naviculare, Knaben, Wechsel Standard 17-18
 " , Mädchen, Wechsel Standard 14-15



Knaben, Standard 17
 Mädchen, Standard 14



Standard 18
 Standard 15

3) Andererseits ist beim Capitulum der Sprung von Standard 8 auf Standard 16 zu beachten. Eine kleine Veränderung, nämlich die sich ausbildende Konkavität der dem Hamatum zugeneigten Seite, bewirkt eine beachtliche Erhöhung des Standards.



Standard 8



Standard 16

4) Das Multangulum majus zeigt sogar bei den Mädchen trotz Größenzunahme und Differenzierung einen Rückschritt von Standard 20 auf Standard 19.



Standard 20



Standard 19

An diesen Beispielen, die nicht vollständig sind, wird sichtbar, daß die einzelnen Standards unregelmäßig aufeinanderfolgen. Insbesondere Beispiel 3 zeigt, daß

ein Irrtum in der Zuordnung der Standards das zentrale Knochenalter verändern kann. Dieser sprunghafte Anstieg der Standards bei geringen Form- und Größenänderungen findet sich nicht nur beim Hamatum, sondern bei allen Carpalia und Metacarpalia. Die Phalangen zeigen dieses Verhalten nicht. Die Auswertung der Epiphysen der Phalangen ist demnach einfacher und genauer als die der übrigen Knochenkerne der Hand.

Planimetrische Methode

Die planimetrische Methode versucht, durch Bestimmen der radiographischen Fläche der Knochenkerne der Hand eine Aussage über den Reifegrad des Skeletts zu machen.

Die Größe folgender Kerne wird mit dieser Methode planimetrisch bestimmt:

Capitatum	Lunatum
Hamatum	Multangulum majus
Radius epiphyse	Multangulum minus
Daumenepiphyse	Naviculare
Triquetrum	Ulnaepiphyse

Die planimetrische Methode bestimmt die Fläche der Carpalia und der großen Epiphysen. Sie vernachlässigt die Metacarpalia und Phalangen, die bei Greulich-Pyle rein zahlenmäßig im Vordergrund stehen (18 der 28 Kerne). Die beiden in dieser Untersuchung behandelten Methoden unterscheiden sich demnach auch in der Auswahl und der Zahl der Ossifikationskerne.

Die Planimetrie bestimmt einheitlich die Größe der Knochenkerne. Sie beschreibt homogene Ereignisse. Dies bedeutet, daß alle Angaben gleichwertig sind und sich in der üblichen Weise mathematisch und statistisch behandeln lassen. So bietet das planimetrische Verfahren die Möglichkeit der Interpolation. Damit

lassen sich die Bestimmungsintervalle gegenüber dem morphischen Verfahren einengen.

Ein Nachteil dieser Methode ist, daß der gewonnene Wert niemals ein echtes Knochenalter sein kann. Wenn nämlich die knorpelige Matrizze vollständig in Knochen umgewandelt ist, wird nur noch ein Größenwachstum festgestellt. Nur in der Umwandlungsphase knorpelige Matrizze - Knochen wird bis zu einem gewissen Grad planimetrisch eine Differenzierung und damit eine Reife bestimmt. So ist das planimetrische Verfahren als eine Hilfsmethode zusätzlich zu den morphischen Verfahren zu betrachten.

Graham (16), Acheson (1) und Todd (zit. n. Mainland 25) halten die Abhängigkeit der metrischen Methoden von der Skelettgröße für den entscheidenden Nachteil. Mainland (26) hielt sie jedoch den morphischen Verfahren für ebenbürtig.

DEFINITION UND FORMEN DES MINDERWUCHS

Der Vergleich der planimetrischen Methode mit dem Verfahren nach Greulich-Pyle wird an Kindern mit nicht-endokrinem Minderwuchs durchgeführt. Kinder mit Körpergrößen unterhalb der zehnten Perzentile bezeichnet man als minderwüchsig, unterhalb der dritten Perzentile als zwergwüchsig. In dieser Untersuchung wird nicht, wie Teller (47) fordert, zwischen den Begriffen Zwergwuchs und Minderwuchs unterschieden, sondern allgemein die Bezeichnung Minderwuchs verwendet.

Nach Teller (47) sind a) endokriner Minderwuchs
b) scheinbar endokriner Minderwuchs (= konstitutionelle Entwicklungsverzögerung) und c) konstitutioneller Minderwuchs (= genetischer, primordialer Minderwuchs) zu unterscheiden.

a) Die Unterfunktion der Schilddrüse (= Hypothyreose)

ist die häufigste endokrine Erkrankung im Kindesalter. Diese Kinder sind im Vergleich zu ihrem Lebensalter zu klein. Ihre Ossifikation ist ebenfalls, ausgeprägter als die Körpergröße, gegenüber dem Lebensalter im Rückstand.

Der Ausfall des Hypophysenvorderlappens (=HVL-Insuffizienz) ist die seltenste Ursache von endokrin bedingtem Minderwuchs. Das Knochenalter der Hand dieser Kinder liegt im Gegensatz zum Minderwuchs bei Hypothyreose zwischen dem stark retardierten Längenalter und dem chronologischen Alter.

Neben diesen beiden Formen des endokrinen Minderwuchses geht das Cushing-Syndrom ebenfalls mit einer Hemmung der Knochenkernentwicklung und einer Wachstumsverzögerung einher.

b) Eine relativ große Zahl von Kindern mit Minderwuchs zeigt eine verzögerte Knochenkernentwicklung und verzögerte Pubertät, ohne daß erkennbare Ursachen dafür vorliegen (=scheinbar endokriner Minderwuchs).

Die Größenentwicklung und Ossifikation liegen im Gegensatz zu den Formen des echten endokrinen Minderwuchses meist harmonisch hinter dem Lebensalter zurück. Kinder mit scheinbar endokrinen Minderwuchs kommen später als ihre Altersgenossen zum Wachstumsabschluß. Ein Teil erreicht deshalb noch eine normale Erwachsenengröße.

c) Kinder mit konstitutionellem Minderwuchs sind ebenfalls im Vergleich zu ihrem Kalenderalter zu klein. Im Gegensatz zu den oben geschilderten Formen des Minderwuchses zeigen sie jedoch ein dem Lebensalter entsprechendes Knochenalter.

Die Kinder dieser Untersuchung gehören in die zweite und dritte Gruppe der Einteilung nach Teller. Es läßt sich jedoch nicht angeben, wieviel Kinder eine konstitutionelle Entwicklungsverzögerung oder einen konstitutionellen Minderwuchs aufweisen. So befaßt

sich diese Untersuchung mit Kindern, von denen dies-
bezüglich nur bekannt ist, daß deren Minderwuchs
nicht endokrin bedingt ist.

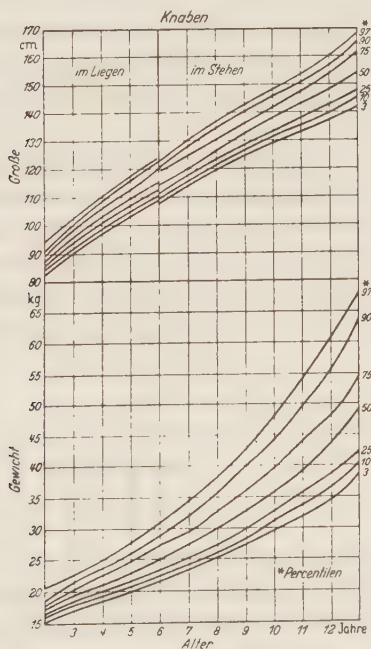
Diese Untersuchung befaßt sich mit Kindern mit
nicht-endokrinem Minderwuchs, deren Körpergröße
kleiner ist als der Grenzwert der dritten Perzentile
nach den Somatogrammen von Stuart und Stevenson (42).

Zur Beurteilung von Körpergröße und Gewicht
haben sich verschiedene Systeme bewährt. In Deutschland hat
Vogt (49) Kurven entwickelt, welche die zuverlässige
Einordnung der Körpermaße eines Kindes zulassen. In Nord-
amerika sind hauptsächlich die Somatogramme von Stuart
und Stevenson in Gebrauch.

In dieser Untersuchung entschieden wir uns für
die Somatogramme von Stuart und Stevenson, obwohl sie
älteren Datums sind und nicht aus Untersuchungen
deutscher Kinder stammen. Der Vorteil dieser Somato-
gramme, nämlich die Einteilung der Körpergrößen in
Perzentile, bewog uns dazu, diese Somatogramme und
nicht die Tabellen von Vogt zu verwenden. Außerdem
kommt es bei einem Vergleich zweier Methoden der
Knochenaltersbestimmung nicht auf die Angabe der
absoluten Körpergröße an.

Die Angabe in Perzentilen bringt gegenüber der Dar-
stellung in Standardabweichungen Vorteile. Die Dar-
stellung der Beziehung der Körpergröße eines Kindes
zur Normgruppe in Form von Standardabweichungen
setzt eine Verteilung der Körpergröße voraus, die der
Gauß'schen Normalverteilung entspricht. Viele Tabellen,
wie die Tabellen von Vogt, sind so behandelt worden,
als ob die darin dargestellten Parameter eine sym-
metrische Verteilung nach Gauß aufweisen würden. In
Wirklichkeit ergibt sich eine davon abweichende,
unsymmetrische Verteilung. Mit der Perzentileangabe
nach Stuart und Stevenson umgehen wir also die
Schwierigkeit, eine nicht symmetrische Verteilung mit

Standardabweichungen beschreiben zu müssen.
Die "Perzentile" gibt an, wieviel Prozent der Kinder bei dem jeweiligen Kalenderalter so groß, kleiner oder größer sind als der in den Tabellen vermerkte Wert in Zentimeter. Stuart und Stevenson beschreiben in ihren Somatogrammen P3, P10, P25, P50, P75, P90 und P97. Die Angabe P3 (=dritte Perzentile) bedeutet, daß nur drei Prozent aller Kinder so groß oder kleiner sind als der diesen Kurven entnommene Wert. P50 stellt demnach den Medianwert dar. P3 und P97 sind die Grenzen des Normbereichs.



Längen- und Gewichtskurve der Knaben nach Stuart und Stevenson mit Darstellung der Perzentilen.
Entnommen aus: Echter und endokriner Minderwuchs (47).

FRAGESTELLUNG

An Hand der Röntgenaufnahmen dieses Patientengutes werden in dieser Querschnittsuntersuchung das Einzelknochenalter der Ossifikationskerne sowie das Knochenalter der gesamten linken Hand nach der morphischen Methode von Greulich und Pyle und nach dem planimetrischen Verfahren bestimmt. In Form von Korrelationsdiagrammen und Histogrammen wird versucht, aus den erarbeiteten Daten das Verhalten beider Methoden zueinander sowie deren Beziehungen zum Kalenderalter, Längen- und Gewichtsalter darzustellen. Insbesondere interessiert uns die Frage, ob sich bei diesem Patientengut, bei dem mit einer ausgeprägten Diskrepanz zwischen "Größe" und "Reife" der Knochenkerne zu rechnen ist, auffallend unterschiedliche Knochenalter ergeben werden.

Bei beiden Methoden wird das Knochenalter getrennt nach Knaben und Mädchen bestimmt. Der Methodenvergleich wird jedoch nicht nach Knaben und Mädchen getrennt durchgeführt, da es nicht Aufgabe dieser Arbeit ist, die beiden Methoden auf ein unterschiedliches Verhalten der Geschlechter in Bezug auf das Knochenalter zu untersuchen

EIGENE UNTERSUCHUNG

PATIENTENGUT

Der vorliegende Methodenvergleich wird an 519 Kindern mit nicht-endokrinem Minderwuchs durchgeführt. Die Körpergröße dieser Kinder ist kleiner als der Wert der dritten Perzentile nach den Somatogrammen von Stuart und Stevenson.

Die Röntgenaufnahmen dieses Patientengutes stammen aus den Archiven der Universitätsklinik Tübingen und der v. Haunerschen Kinderklinik München. Zum Teil

liegt pro Kind eine Aufnahme vor. In der Mehrzahl der Kinder konnten jedoch pro Kind mehrere Aufnahmen ausgewertet werden.

Die Aufteilung des Patientengutes nach Knaben und Mädchen ergibt folgendes Bild:

	Anzahl der Kinder	prozent. Anteil
Knaben	320	61,6%
Mädchen	199	38,4%

Abb.1 und Abb.2 zeigen die graphische Darstellung von Länge und Gewicht der untersuchten Kinder im Vergleich zu Normalmaßen des Wachstums. Zum besseren Vergleich sind deshalb in beiden Diagrammen die zum Kalenderalter 60, 120 und 180 Monate zugehörigen Perzentile P₃, P₅₀ und P₉₇ eingezeichnet. Diese Normalmaße sind den Somatogrammen von Stuart und Stevenson (42) entnommen. Die Perzentilewerte von Knaben und Mädchen wurden gemittelt, um die Größenverhältnisse beider Geschlechter in einer Abbildung darstellen zu können.

Abb.1 zeigt die Verteilung der Körpergrößen in Bezug auf die dritte Perzentile:

	Anzahl der Kinder	prozent. Anteil
Körpergröße größer P ₃	11	2,2%
Körpergröße gleich P ₃	12	2,3%
Körpergröße kleiner P ₃	496	95,5%

Diese Zahlen zeigen, daß der größte Teil der untersuchten Kinder kleiner ist als der entsprechende Wert der dritten Perzentile. Dies bedeutet, daß die Körpergrößen des untersuchten Patientengutes einer Körpergröße entspricht, die nur drei Prozent der Kinder der entsprechenden Normgruppe aufweisen. Nur 2,2% der Kinder dieses Patientengutes erfüllen diese Forderung

nicht.

Für die Streubreite der Körpergrößen der Kinder ergeben sich aus Abb.1 folgende Werte:

Lebensalter	Streubreite
2o. Monat:	8 cm
6o. Monat:	14 cm
9o. Monat:	15,5 cm
12o. Monat:	16 cm
15o. Monat:	26 cm
18o. Monat:	28 cm

Aus Abb.2 läßt sich die prozentuale Verteilung des Körpergewichts in Bezug auf die dritte Perzentile berechnen:

Gewicht größer P3:	5,2%
Gewicht gleich P3:	2,2%
Gewicht kleiner P3:	94,8%

Abb.2 ergibt für die Streubreite des Gewichts:

Lebensalter	Streubreite
2o. Monat:	4,5 kg
6o. Monat:	9,5 kg
9o. Monat:	12,0 kg
12o. Monat:	18,0 kg
15o. Monat:	19,0 kg
18o. Monat:	27,5 kg

Abb.1 und Abb.2 zeigen, daß mit zunehmenden Alter die Streubreite bei Körpergröße und Gewicht zunimmt. Das Gewicht zeigt wie erwartet eine größere Streubreite.

Abb.3 befaßt sich mit der Altersverteilung der 519 Kinder. Sie zeigt die prozentuale Besetzung der Altersklassen. Eine Altersgruppe umfaßt zehn Monate.

Diese Darstellung zeigt, daß sich das Kalenderalter der Kinder ungleichmäßig auf die verschiedenen Altersgruppen verteilt. Die stärkste Besetzung zeigt die Klasse 0-10 Monate mit 12%. Dies entspricht einem absoluten Wert von 62 Fällen. Insgesamt ist in 55% der Fälle das Kalenderalter kleiner als 70 Monate.

Diese Zahlen belegen, daß die untersten Altersklassen den größten Anteil dieses Patientengutes stellen.

Die Verteilung der Kalenderalter zeigt eine ausgesprochene Linksverschiebung.

Abb.4 zeigt die Verteilung des Längenalters der untersuchten Kinder.

Die Altersgruppe 0-40 Monate ist ähnlich wie in Abb.3 wiederum stark besetzt. Insgesamt jedoch zeigt die Verteilung der Längenalter eine ausgeprägtere Linksverschiebung als die Verteilung der Kalenderalter.

METHODIK

Auswertung nach Greulich-Pyle

Die Knochenkerne erhielten in der Reihenfolge des Atlas (17) durch Vergleich der Standardabbildungen mit dem jeweiligen Knochenkern unter Berücksichtigung des Textes den entsprechenden Standard zugeordnet. Das Pisiforme wurde, da es vom Triquetrum überlagert und ungenau zu bestimmen war, nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Greulich und Pyle geben immer zwei Standards an, wobei der fettgedruckte obligatorisch ist. In den Fällen, in denen kein Standard hervorgehoben war, entschieden wir uns für den höchsten.

Die entsprechenden Standards ergaben das gesuchte Einzelknochenalter. Der Zentralwert (= Medianwert) dieser Einzelknochenalter stellte das gesuchte Knochenalter der linken Hand dar.

Schwierig war die Behandlung derjenigen Knochenkerne, die noch nicht erschienen waren, die aber nach dem Medianwert des Knochenalters schon hätten erschienen sein müssen. Hätte man diese noch nicht vorhandenen Knochenkerne in diesen Fällen nicht berücksichtigt, dann wäre der Medianwert zu groß geworden. Andererseits wußten wir nicht, wann diese Kerne erscheinen würden. Den kleinsten Fehler, den man machen konnte, war der, daß man annahm, sie wären gerade erschienen. Also wurden alle diejenigen Kerne, die noch nicht erschienen waren und deren Erscheinungswerte kleiner als der Medianwert waren, als Standard 1 berücksichtigt.

Auswertung nach der planimetrischen Methode

Bei der carpometrischen Methode werden die Röntgenaufnahmen in geeignetem Maßstab (1:4, 1:5) auf Papier projiziert und nachgezeichnet. Die Fläche ergibt sich durch Umfahren der auf diese Weise projizierten und nachgezeichneten Einzelkerne mit dem Ott-Planimeter. Diese Flächenwerte der Handwurzelknochen ergeben unter Berücksichtigung des Vergrößerungsmaßstabes das gesuchte Einzelknochenalter. Das mittlere Knochenalter ergibt sich aus dem arithmetrischen Mittel der Einzelknochenalter.

Auch bei der Auswertung nach der planimetrischen Methode wurde so verfahren wie bei Greulich-Pyle. Auch hier wurden diejenigen Kerne, die noch nicht erschienen waren, deren Wert des Erscheinens jedoch kleiner als das mittlere Knochenalter war, so behandelt, als wären sie soeben erschienen.

Zusätzlich gaben wir die Varianz in Prozent des mittleren Knochenalters an. Das mittlere Knochenalter, ausgedrückt in Monaten, wurde mit dem Kalender-, Längen- und Gewichtsalter verglichen. Die jeweilige Abweichung gaben wir in Prozent des Kalenderalters an. Waren vorausgehende Daten vorhanden, so wurde die Zuwachsrate als der Quotient aus Knochenalterszuwachs gegen Lebensalterszuwachs berechnet (9).

ERGEBNISSE

Greulich-Pyle - planimetrische Methode

Das mittlere Knochenalter aller Kinder nach der Methode Greulich-Pyle beträgt 61,82 Monate, nach dem planimetrischen Verfahren 62,67 Monate.

Das planimetrische Knochenalter ist also nur um 0,85 Monate größer als das Knochenalter nach Greulich-Pyle. Beide Methoden zeigen diesbezüglich nur eine geringe Abweichung.

Abb.5 zeigt das Verhalten der mittleren planimetrischen Knochenalter zu den Zentralwerten nach Greulich-Pyle.

Die Verteilung der Knochenalter erfolgt ziemlich gleichmäßig um die gedachte Korrelationsgerade $r=1$ (im Diagramm nicht eingezeichnet), insbesondere in den ersten 60 Monaten. Ab dem 60. Monat streuen die Werte unter diese gedachte Gerade. Dies spricht dafür, daß im Abschnitt 60.-200. Lebensmonat das mittlere planimetrische Knochenalter größer ist als das zentrale Knochenalter nach Greulich-Pyle. Im Bereich 0-60. Lebensmonat scheinen nach dieser Abbildung die beiden Knochenalter gleich groß zu sein.

Weiterhin fällt auf, daß sich beide Knochenalter zum größten Teil auf den Bereich 0-60 Monate verteilen. Die niedrigsten Knochenaltersbereiche stellen den größten Anteil. Sowohl das planimetrische Knochenalter und das morphische Knochenalter nach Greulich und Pyle sind also nach links verschoben.

Abb.6 zeigt die prozentuale Verteilung des zentralen Knochenalters nach Greulich-Pyle, aufgeteilt in Zehnerklassen.

Ausgeprägte Täler und Maxima dieser Abbildung belegen die diskontinuierliche Verteilung der Zentralwerte nach Greulich und Pyle. Insgesamt liegen 66% aller Daten

innerhalb der ersten fünf Jahre. Das Knochenalter nach Greulich-Pyle ist also, wie bereits in Abb. 5 festgestellt wurde, nach links verschoben.

Abb. 7 zeigt die prozentuale Verteilung des planimetrischen Knochenalters.

Hier befindet sich ebenfalls der Großteil der Daten, nämlich 60%, im Bereich der ersten fünf Jahre. Ausgeprägte Täler und Maxima wie in Abb. 6 fehlen. Es ergibt sich ein annähernd gleichmäßiger Abfall der planimetrischen Knochenalter.

Insgesamt zeigt auch diese Abbildung eine Linksverschiebung für die Planimetrie. Diese ist jedoch nicht so ausgeprägt als für die Methode nach Greulich und Pyle.

Methodenalter - Kalenderalter

Das mittlere Kalenderalter aller Kinder ist mit 79,2 Monaten um 17,4 Monate größer als das morphische Knochenalter und um 16,5 Monate größer als das planimetrische Skelettalter. Die Knochenalter nach beiden Methoden liegen hinter dem Kalenderalter um fast 1,5 Jahre zurück. Der Rückstand zwischen dem Lebensalter und dem Knochenalter nach Greulich-Pyle ist nur geringfügig größer als die Differenz zwischen dem Kalenderalter und dem planimetrischen Ossifikationsalter.

Das Korrelationsdiagramm der Abb. 8 zeigt eine lineare Verteilung der planimetrischen Knochenalter in Bezug auf das Kalenderalter. Im Bereich der ersten 40 Lebensmonate ist jedoch die Steigung dieser Werte etwas größer als im übrigen Altersbereich. Dies bedeutet, daß in den ersten 40 Lebensmonaten die Differenz zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Lebensalter am ausgeprägtesten ist.

Auffälligstes Kriterium der Abb.9 im Vergleich zu Abb.8 ist die "säulenförmige" Anordnung der zentralen Knochenalter nach Greulich und Pyle. Zwischen den einzelnen Werten befinden sich freie Intervalle. Ähnlich wie in Abb.8 ist jedoch die Steigung in den ersten 40 Lebensmonaten am größten. In diesem Lebensabschnitt der untersuchten Kinder ist also, ähnlich wie für die Planimetrie, die Differenz zwischen dem Kalenderalter und dem Skelettalter am ausgeprägtesten.

Die Streubreite im Y-Bereich dieser Abbildung (Kalenderalter) ist größer als in Abb.8. Die zu einem bestimmten morphischen Knochenalter zugehörigen Kalenderalter zeigen also eine größere Streubreite als bei dem entsprechenden planimetrischen Ossifikationsalter. Damit ist die Beziehung zwischen der Planimetrie und dem Kalenderalter bei diesem Patientengut ausgeprägter als die Beziehung zwischen dem Skelettalter nach Greulich-Pyle und dem Kalenderalter.

Abb.10 gibt einen Überblick über die Anzahl der Fälle, in denen das Kalenderalter größer oder kleiner ist als die beiden Knochenalter.

Der größte Teil der Werte liegt im rechten oberen Quadranten. Dies weist darauf hin, daß in einem sehr hohen Prozentsatz das Kalenderalter größer sein muß als die beiden Knochenalter. Nach Auszählung der Werte ergibt sich, daß in 81,5% das Kalenderalter größer als das morphische Knochenalter und in 85,6% größer als das planimetrische Ossifikationsalter ist. Beide Verfahren sind also gegenüber dem Kalenderalter nach links verschoben.

Abb.11 und Abb.12 geben Auskunft darüber, um wieviel Monate das Kalenderalter größer oder kleiner ist als die beiden Skelettalter.

Das Knochenalter nach Greulich-Pyle zeigt mit 81 Monaten die größte Differenz zum Kalenderalter. Die

größte Abweichung zwischen dem Lebensalter und dem planimetrischen Ossifikationsalter beträgt 62 Monate. Auch in den wenigen Fällen, in denen die beiden Knochenalter größer als das zugehörige Lebensalter sind, ist wiederum die Abweichung des morphischen Knochenalters am größten. Das Knochenalter beider Methoden ist jedoch in annähernd $\frac{2}{3}$ der Fälle bis zu 3,5 Jahre kleiner als das Kalenderalter. So läßt sich ein auffälliger Unterschied im Verhalten beider Methoden zum Kalenderalter diesbezüglich nicht feststellen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Ossifikationsalter nach Greulich-Pyle eine weniger gute Korrelation zum Kalenderalter aufweist als das planimetrische Knochenalter. Beide Methoden sind gegenüber dem Kalenderalter nach links verschoben. Das Knochenalter nach Greulich-Pyle verteilt sich im Unterschied zum planimetrischen Skelettalter diskontinuierlich auf die einzelnen Kalenderalter.

Methodenalter - Längenalter

Das mittlere Längenalter aller Kinder ist mit 54,9 Monaten um 7,2 Monate kleiner als das planimetrische Knochenalter und um 6,9 Monate kleiner als das Skelettalter nach Greulich-Pyle. Sowohl das mittlere planimetrische als auch das morphische Knochenalter aller Kinder liegen zwischen dem Kalenderalter und dem Längenalter.

Die Korrelationsdiagramme der Abb. 13 und der Abb. 14 bestätigen, daß das Knochenalter beider Bestimmungsmethoden eine gute Korrelation zum Längenalter besitzt. Ein unterschiedliches Verhalten zum Längenalter in bestimmten Längenaltersbereichen läßt sich nicht feststellen. Wie in Abb. 9 zeigt die Abb. 14 die "säulen-

förmige" Anordnung der Skelettalter nach Greulich-Pyle mit freien Intervallen zwischen den einzelnen Werten. Die planimetrischen Knochenalter verteilen sich wie in Abb.8 gleichmäßig auf die einzelnen Knochenaltersbereiche. Der Streubereich des Längenalters bei einem bestimmten Skelettalter ist bei dem Verfahren nach Greulich-Pyle ausgeprägter als bei der planimetrischen Methode. Das planimetrische Knochenalter zeigt also eine bessere Korrelation zum Längenalter als das Verfahren nach Greulich-Pyle.

Abb.15 vermittelt einen Überblick über die Anzahl der Fälle, in denen das Längenalter größer oder kleiner ist als die beiden Knochenalter.

Im Unterschied zu Abb.10 gruppieren sich die Werte in dieser Abbildung um den Nullpunkt. Die Auszählung der Werte der vier Quadranten ergibt, daß die Hälfte der Daten im Minusbereich liegen. Insgesamt ist in 61,8% das planimetrische Knochenalter und in 49,7% das Ossifikationsalter nach Greulich-Pyle größer als das Längenalter. Diese Daten zeigen für beide Verfahren ein annähernd ähnliches Verhalten.

Die größte Abweichung zwischen den beiden Methoden und dem Längenalter beträgt nach der Abbildung 16 etwa 3,5 Jahre. Auch die Höhe der Abweichung, unterteilt in Monatsgruppen, zeigt einen annähernd gleichen prozentualen Anteil der beiden Verfahren.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das planimetrische Knochenalter eine etwas bessere Korrelation zum Längenalter aufweist als das Skelettalter nach Greulich-Pyle. Beide Methoden zeigen jedoch keine wesentlichen Unterschiede im Verhalten zum Längenalter. Sowohl das Knochenalter nach Greulich-Pyle als auch das planimetrische Ossifikationsalter sind in etwa 60% der Fälle größer als das Längenalter und damit gegenüber

dem Längenalter nach links verschoben.

Methodenalter - Gewichtsalter

Die Ergebnisse dieser Untersuchung über die Beziehung zwischen den beiden Methoden und dem Gewichtsalter besitzen, wie in der Einleitung bereits ausgeführt wurde, eine geringe Aussagekraft. Das Gewichtsalter wurde dennoch, da es in der Praxis häufig verwendet wird, in diese Arbeit miteinbezogen.

Auf eine graphische Darstellung der prozentualen Verteilung des Gewichtsalters wurde verzichtet. Nach den erarbeiteten Daten zeigt es jedoch ein ähnliches Verhalten wie das Längenalter, d.h. es ist ähnlich wie das Längenalter nach links verschoben.

Abb. 18, 19, 20, 21, 22 zeigen, daß das Verhalten beider Methoden zum Gewichtsalter dem Verhalten zum Längenalter annähernd entspricht.

Einzelknochenalter

Bedingt durch die unterschiedliche Anzahl und Art der Knochenkerne beider Methoden lassen sich in dieser Arbeit nur die Knochenalter der Carpalia sowie der Ulna- und Radiusepiphyse miteinander vergleichen. Da die Greulich-Pyle-Werte in Standards und die planimetrischen Einzelknochenalter in Monaten angegeben sind, war es notwendig, die Standards der Knaben und Mädchen in Monate umzuwandeln.

Folgende Tabelle zeigt die mittleren Einzelknochenalter aller Kinder nach der planimetrischen Methode:

	mittl. Knochenalter (Monate)	Standardabweichung (Monate)
Capitatum	60,9	4,258
Hamatum	62,3	4,369

Radiusepiphyse	66,9	4,390
Triquetrum	66,9	4,513
Daumenepiphyse	75,3	4,016
Lunatum	79,4	4,311
Multangulum majus	87,2	4,175
Multangulum minus	93,9	3,907
Naviculare	89,9	4,106
Ulnaepiphyse	107,4	3,343

Folgende Tabelle zeigt die mittleren Einzelknochenalter nach Greulich-Pyle derjenigen Knochenkerne, welche das planimetrische Verfahren ebenfalls bestimmt:

	Einzelknochenalter (Monate)
Radiusepiphyse	46,8
Ulnaepiphyse	98,9
Capitatum	55,2
Hamatum	54,6
Triquetrum	68,9
Lunatum	67,6
Naviculare	100,3
Multangulum majus	80,4
Daumenepiphyse	73,3
Multangulum minus	77,6

Abb.23 stellt die prozentuale Verteilung der Einzelknochenalter der zehn Knochenkerne der planimetrischen Methode dar. Abb.24 zeigt die prozentuale Verteilung der Standards der 28 Einzelkerne der Methode Greulich-Pyle. Ein Vergleich der Abbildungen und Tabellen ergibt folgendes:

1) Mit Ausnahme des Naviculare ist das planimetrische Einzelknochenalter größer als das Einzelknochenalter nach Greulich-Pyle. Die Daumenepiphyse und das Triquetrum zeigen in dieser Hinsicht den geringsten Methodenunterschied. Die Radiusepiphyse zeigt die größte Ab-

weichung.

2) Untersucht man die einzelnen Ossifikationskerne nach den Minimal- und Maximalwerten der Einzelknochenalter beider Methoden, so ergibt sich:

a) Die planimetrischen "Anfangsknochenalter" der Einzelkerne sind mit Ausnahme des Capitatum, Hamatum sowie der Daumen- und Radius epiphyse kleiner als die entsprechenden Werte nach dem Verfahren von Greulich und Pyle. Nach dem planimetrischen Verfahren erscheinen also einige Knochenkerne mit einem Knochenalter, nach dem sie bei der morphischen Methode noch gar nicht erschienen sein können.

b) Die Maximalwerte des Knochenalters der einzelnen Ossifikationskerne sind bei dem Verfahren nach Greulich-Pyle größer als nach der planimetrischen Methode.

DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Der direkte Vergleich beider Methoden zeigte eine gute Übereinstimmung der beiden Knochenalter. Die Verteilung der Knochenalter nach Greulich-Pyle ergab einen stufenförmigen, im Vergleich zum planimetrischen Verfahren diskontinuierlichen Verlauf.

Dieser stufenförmige Anstieg ist methodenspezifisch, da Greulich-Pyle in anfangs vierteljährlichen, später in halbjährlichen und jährlichen Abständen die Form- und Größenänderungen der Ossifikationskerne beschreiben. Die kontinuierliche Verteilung der planimetrischen Knochenalter ergibt sich durch die Möglichkeit des Verfahrens, einen Größenzuwachs in kürzeren Intervallen messen zu können. Durch Interpolation lassen sich diese Intervalle noch mehr einengen. Mit Hilfe der Planimetrie läßt sich also der stufenförmige Verlauf der carpomorphischen Skelettalter abflachen.

Auffallend war bei diesem Vergleich der beiden unter-

schiedlichen Methoden die geringe Differenz zwischen dem mittleren planimetrischen und morphischen Knochenalter aller untersuchten Kinder. Gerade ein Vergleich dieser unterschiedlichen Methoden an Kindern mit sehr kleinen Körpergrößen ließ erwarten, daß das planimetrische Knochenalter kleiner als das Skelettalter nach Greulich-Pyle sein würde. Es konnte gerade bei diesem Patientengut eine Diskrepanz zwischen der "Größe" und "Reife" der Knochenkerne der Hand erwartet werden. Umso erstaunlicher ist die Tatsache, daß beide Knochenalter sehr eng beieinanderliegen. So legt die gute Übereinstimmung beider Methoden die Schlußfolgerung nahe, daß auch die Planimetrie eine brauchbare Aussage über die Skelettreife machen kann.

Der Vergleich beider Methoden mit dem chronologischen Alter ergab für beide Verfahren eine Linksverschiebung gegenüber dem chronologischen Alter. Diese Linksverschiebung war bei dem Verfahren nach Greulich-Pyle stärker ausgeprägt.

Dieses Ergebnis weicht von den Untersuchungen von Hansmann und Maresh (18) sowie der Züricher Arbeitsgruppe (4) ab. Alle diese Arbeiten fanden eine Linksverschiebung der Methode Greulich-Pyle gegenüber dem Kalenderalter und eine ziemlich genaue Übereinstimmung der planimetrischen Knochenalter mit dem Kalenderalter.

Die Ursache dieser gefundenen Abweichung läßt sich mit dem besonderen Patientengut erklären. Während die genannten Untersuchungen an gesunden Kindern durchgeführt wurden, befaßt sich dieser Methodenvergleich mit Kindern mit nicht-endokrinem Minderwuchs.

Nach Teller (47) stimmen bei Kindern mit konstitutionellem Minderwuchs Knochenalter und Kalenderalter weitgehend überein. Bei Kindern mit konstitutioneller Entwicklungsverzögerung liegt jedoch eine Diskrepanz zwischen beiden Größen vor. So läßt sich diese ausgeprägte Links-

verschiebung beider Methoden gegenüber dem Kalenderalter aus dem besonderen Patientengut ableiten. Dieses Ergebnis steht jedoch insofern mit den oben erwähnten Untersuchungen überein, da auch bei diesem Patientengut das Verfahren nach Greulich-Pyle eine ausgeprägtere Linksverschiebung zeigte als die planimetrische Methode.

Ein echtes methodenspezifisches Verhalten scheint hingegen Ursache dafür zu sein, daß die Korrelation zwischen dem Kalenderalter und dem planimetrischen Knochenalter besser ist als die Beziehung zwischen dem Skelettalter nach Greulich-Pyle und dem Kalenderalter.

Der Vergleich der Methoden zum Längenalter verdeutlichte noch mehr, daß es sich um ein von der Norm abweichendes Patientengut handelte. Das mittlere Knochenalter aller untersuchten Kinder war größer als das Längenalter.

Ein echtes methodenspezifisches Verhalten scheint jedoch Ursache dafür zu sein, daß die Korrelation zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Längenalter besser war als die Beziehung zwischen dem Längenalter und dem morphischen Ossifikationsalter.

Das Verhalten beider Verfahren zum Gewichtsalter entsprach annähernd dem Verhalten der beiden Methoden zum Längenalter. Der Grund ist wahrscheinlich in den geringen Gewichtsschwankungen dieses Patientengutes und der zufällig guten Korrelation zwischen Körpergröße und Gewicht der untersuchten Kinder zu suchen.

Der Vergleich der Einzelknochenalter beider Methoden zeigte ein dem Knochenalter der Hand entsprechendes Bild. Mit Ausnahme des Naviculare wiesen alle anderen Carpalia und die beiden großen Epiphysen ein höheres planimetrisches Einzelknochenalter auf.

Außerdem erscheinen nach dem planimetrischen Verfahren einige Ossifikationskerne mit einem Knochenalter, nach dem diese Kerne nach der morphischen Methode noch gar nicht erschienen sein können. Dieses unterschiedliche Verhalten beider Methoden läßt sich damit erklären, daß sich die Normwerte beider Verfahren aus verschiedenen Populationen herleiten.

ZUSAMMENFASSUNG

519 Aufnahmen der linken Hand wurden nach der planimetrischen Methode und nach Greulich-Pyle ausgewertet. Es wurde versucht, das Verhalten beider Methoden zueinander sowie deren Beziehungen zu Kalender-, Längen- und Gewichtsalter darzustellen. Das Patientengut bildeten Kinder mit nicht-endokrinem Minderwuchs. Es konnte jedoch diesbezüglich nicht unterschieden werden, ob es sich um Kinder mit konstitutioneller Entwicklungsverzögerung oder um Kinder mit konstitutionellem Minderwuchs handelte. Die Körpergröße dieser Kinder war kleiner als der Wert der dritten Perzentile der Somatogramme von Stuart und Stevenson.

Beim direkten Vergleich beider Methoden waren die Knochenalter nach der planimetrischen Bestimmung größer als die Knochenalter nach Greulich-Pyle. Bei Greulich-Pyle fiel im Gegensatz zu der planimetrischen Methode die diskontinuierliche Verteilung der Knochenalter auf. Insgesamt zeigte sich jedoch eine geringe Abweichung der beiden Knochenalter bei diesem besonderen Patientengut.

Beide Methoden der Knochenaltersbestimmung waren gegenüber dem Kalenderalter nach links verschoben, d.h. beide Knochenalter waren kleiner als das Kalenderalter. Die Differenz betrug im Großteil der Fälle

bis zu zwei Jahre. Das Knochenalter nach dem morphischen Verfahren zeigte eine größere Linksverschiebung als das planimetrische Ossifikationsalter. Die Korrelation zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Kalenderalter war ausgeprägter als die Beziehung zwischen dem Kalenderalter und dem Knochenalter nach Greulich-Pyle.

Die Knochenalter beider Methoden waren gegenüber dem Längenalter nach rechts verschoben, d.h. die Knochenalter beider Methoden waren größer als das zugehörige Längenalter. Die Beziehung zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Längenalter war wiederum ausgeprägter als die Korrelation zwischen dem Längenalter und dem morphischen Skelettalter.

Das Verhalten beider Methoden zum Gewichtsalter entsprach weitgehend dem Verhalten beider Verfahren zum Längenalter.

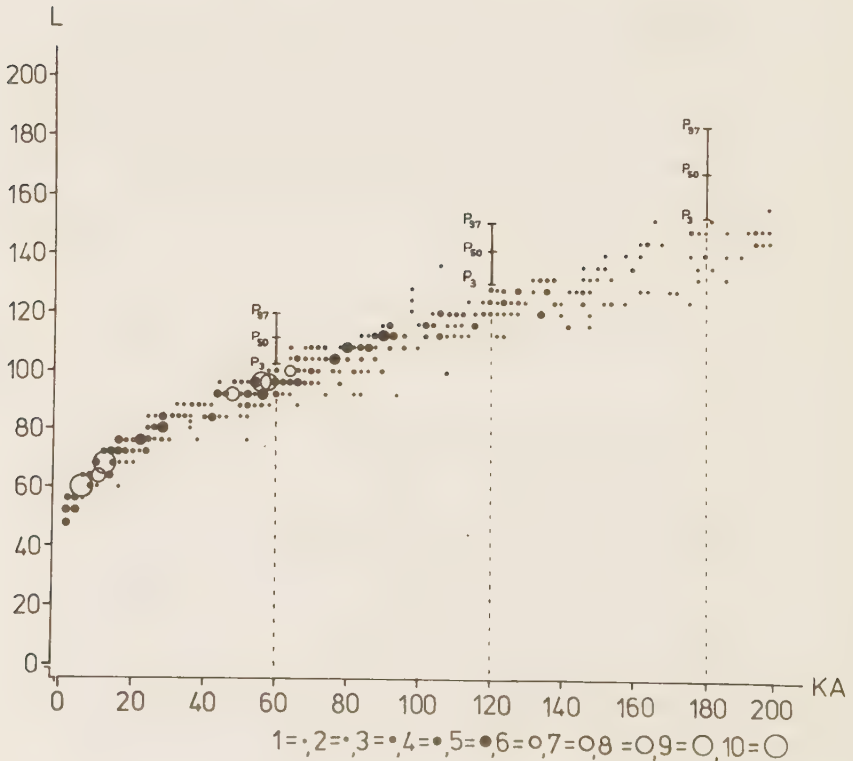
Der Vergleich der Einzelknochenalter beider Methoden zeigte, daß mit Ausnahme des Naviculare die planimetrischen Einzelknochenalter größer waren als die Einzelknochenalter nach dem morphischen Verfahren. Die Erscheinungswerte der Einzelknochen waren mit Ausnahme des Capitatum und des Hamatum sowie der Daumen- und Radius epiphyse nach dem planimetrischen Verfahren kleiner als nach der Methode Greulich-Pyle. Die Maximalwerte der Einzelknochenalter waren bei dem Verfahren nach Greulich-Pyle größer als nach der planimetrischen Methode.

A N H A N G

DIAGRAMME

LITERATURVERZEICHNIS

Abbildung 1: Korrelationsdiagramm Länge-Kalenderalter mit eingezeichneten Perzentilen P3, P50, P97.
Kalenderalter (KA) in Monaten,
Länge (L) in Zentimeter.
P3, P50, P97 wurden den Somatogrammen
von Stuart und Stevenson entnommen (42).

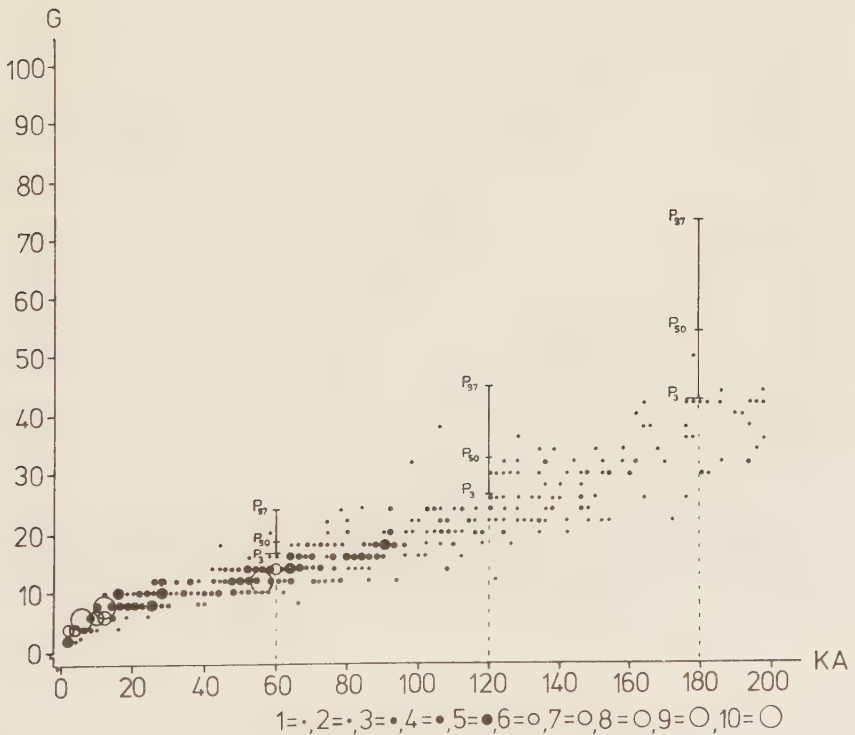


97,8% aller Kinder dieses Patientengutes sind kleiner oder gleich dem entsprechenden Wert der dritten Perzentile (Somatogramm von Stuart und Stevenson).

Abbildung 2: Korrelationsdiagramm Gewicht-Kalenderalter mit eingezeichneten Perzentilen P₃, P₅₀, P₉₇.

Kalenderalter (KA) in Monaten,
Gewicht (G) in Kilogramm.

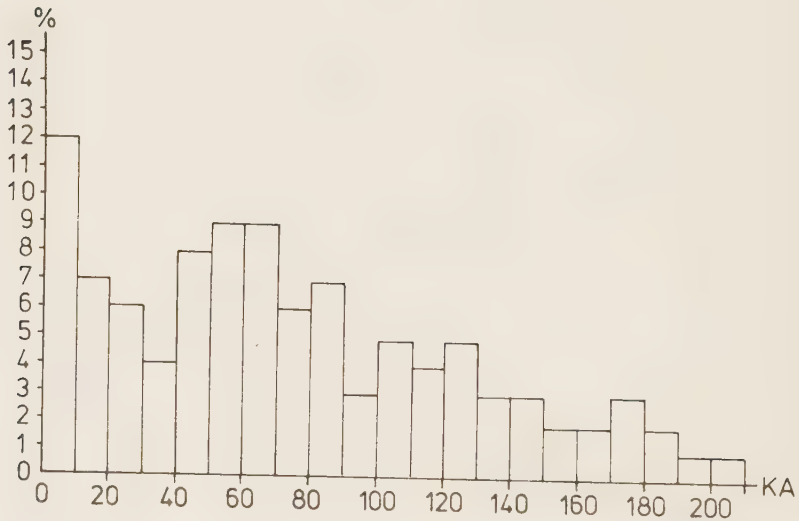
P₃, P₅₀, P₉₇ wurden den Somatogrammen von Stuart und Stevenson entnommen (42).



Das Körpergewicht dieses Patientengutes ist in 97% aller Kinder kleiner als der entsprechende Wert der dritten Perzentile (Somatogramm von Stuart und Stevenson).

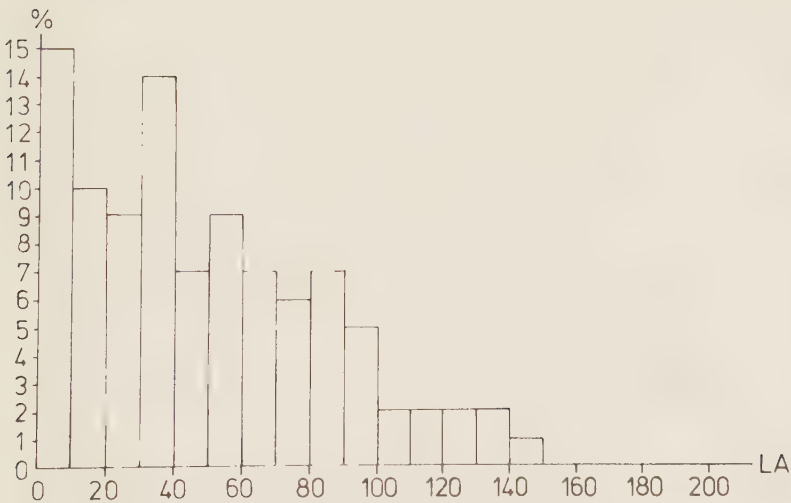
Abbildung 3: Prozentuale Verteilung des Kalenderalters.

Angabe des Kalenderalters (KA) in Monaten.



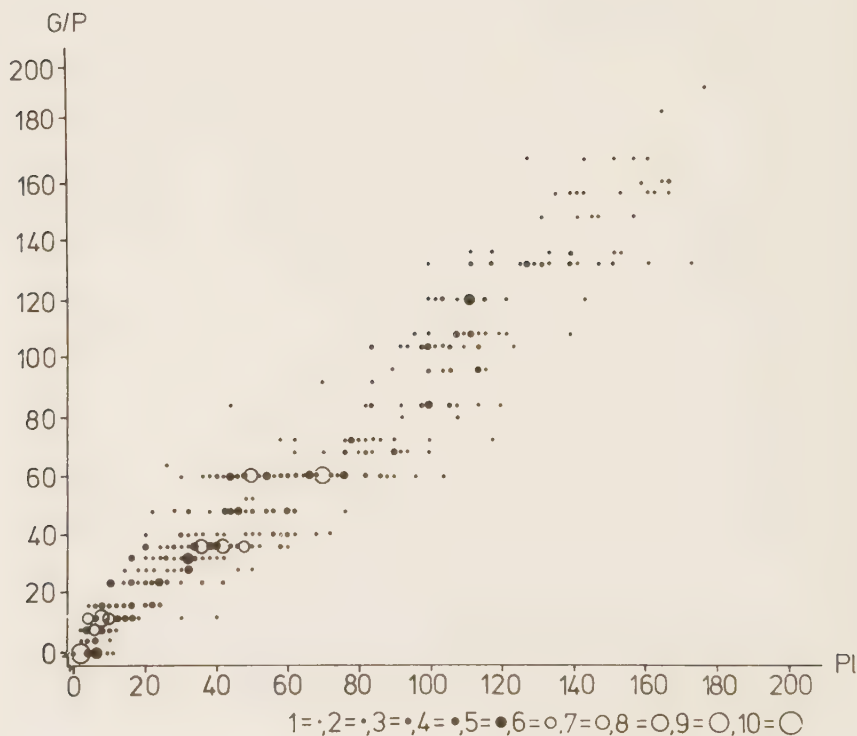
Die untersten Altersklassen stellen den größten Anteil. Insgesamt ist in 55% das Kalenderalter kleiner als 70 Monate. Die Verteilung der Kalenderalter zeigt also eine Linksverschiebung.

Abbildung 4: Prozentuale Verteilung des Längenalters.
Angabe des Längenalters (LA) in
Monaten.



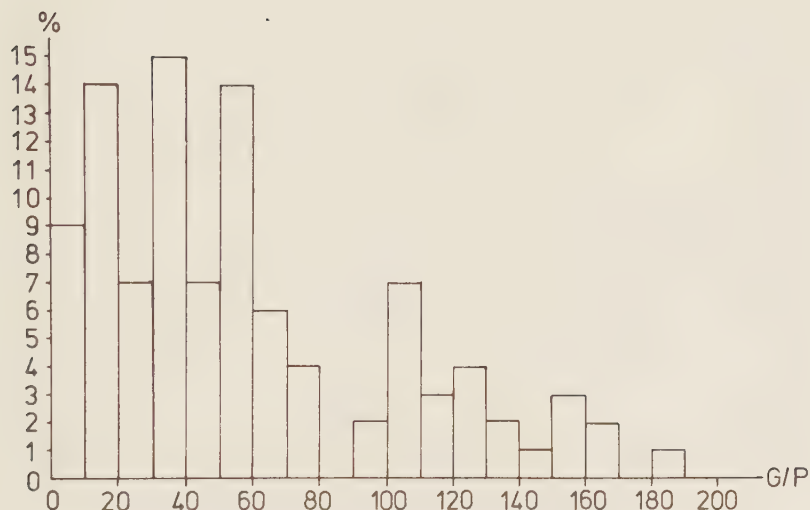
Die untersten Altersklassen stellen den größten Anteil.
Insgesamt ist in 71% das Längenalter kleiner als 70
Monate.

Abbildung 5: Korrelationsdiagramm, gewonnen aus den Werten nach der planimetrischen Methode (Pl) und der Methode nach Greulich-Pyle (G/P). Angabe des Knochenalters in Monaten.



Die Verteilung der beiden Knochenalter erfolgt im Abschnitt 0-60 Monate ziemlich gleichmäßig um die gedachte Korrelationsgerade $r=1$ (in Diagramm nicht eingezeichnet). Im Bereich 60-120 Monate streuen die Werte unter diese gedachte Gerade. Der Großteil der beiden Knochenalter verteilt sich über den Bereich 0-60 Monate.

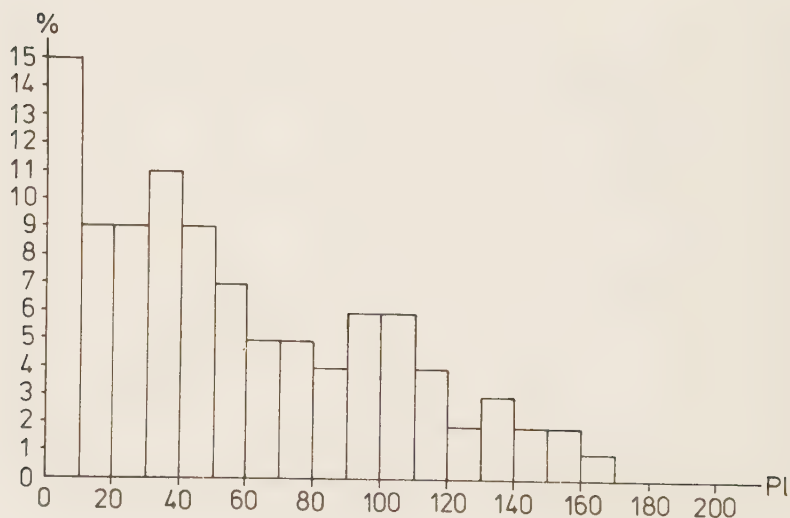
Abbildung 6: Prozentuale Verteilung des zentralen
Knochenalters nach Greulich-Pyle.
Angabe des Knochenalters nach Greulich-
Pyle (G/P) in Monaten.



Ausgeprägte Täler und Maxima belegen die diskontinuierliche Verteilung der Zentralwerte nach Greulich-Pyle. 66% aller Daten liegen innerhalb der ersten fünf Jahre. Das Knochenalter nach Greulich-Pyle ist demnach nach links verschoben.

Abbildung 7: Prozentuale Verteilung des mittleren planimetrischen Knochenalters.

Angabe des planimetrischen Knochenalters (Pl) in Monaten.



Das planimetrische Knochenalter zeigt einen gleichmäßigen Abfall der Werte. Ausgeprägte Täler und Maxima wie in Abb. 6 fehlen. Das planimetrische Knochenalter ist, wenn auch nicht so ausgeprägt wie das Knochenalter nach Greulich-Pyle, nach links verschoben.

Abbildung 8: Korrelationsdiagramm Kalenderalter (KA) -
planimetrisches Knochenalter (Pl).
Angabe der Koordinaten in Monaten.

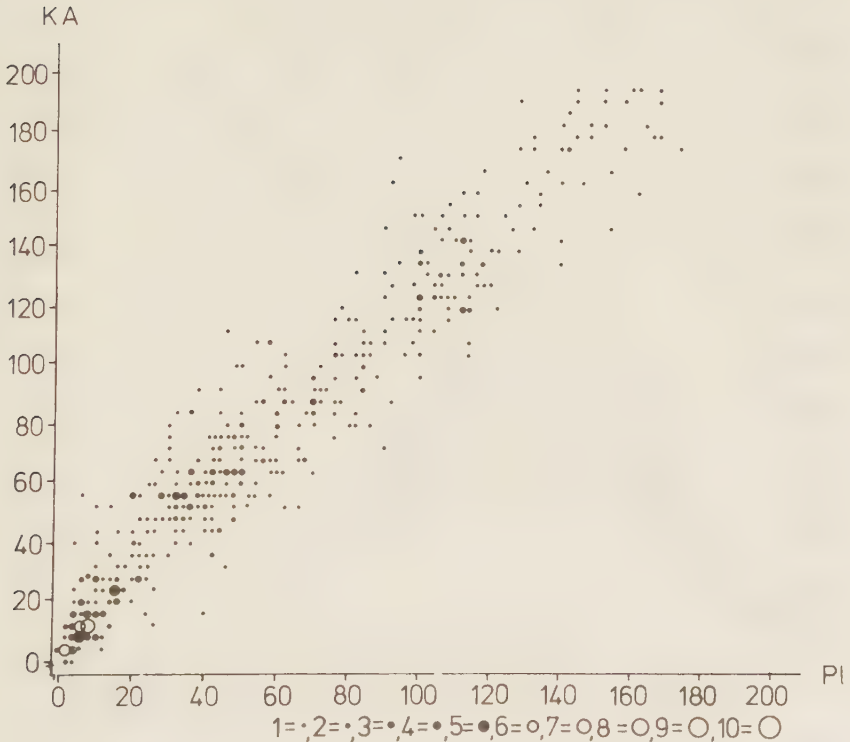
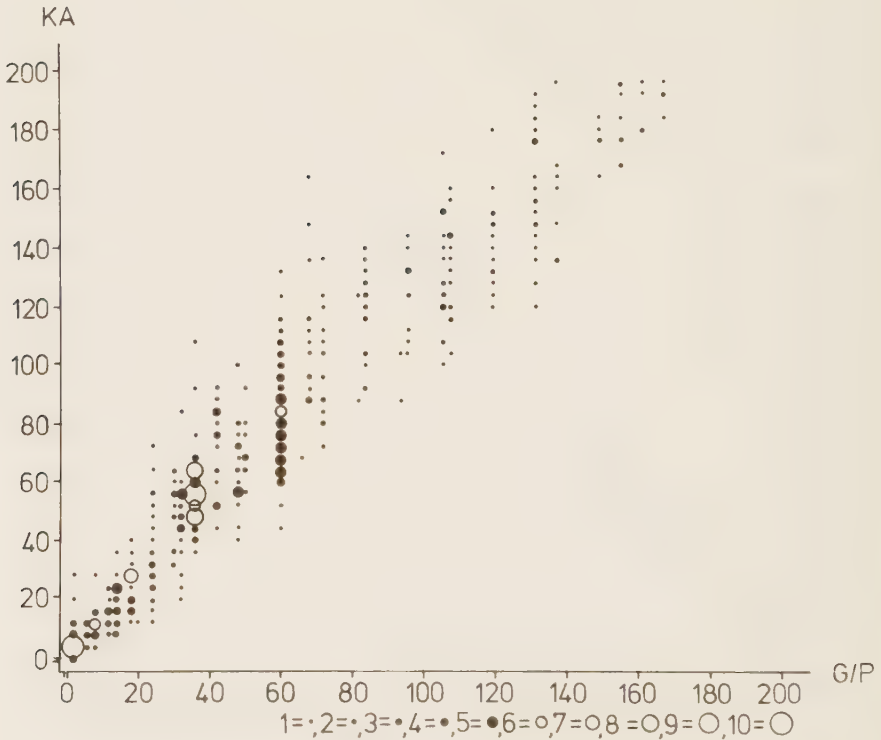


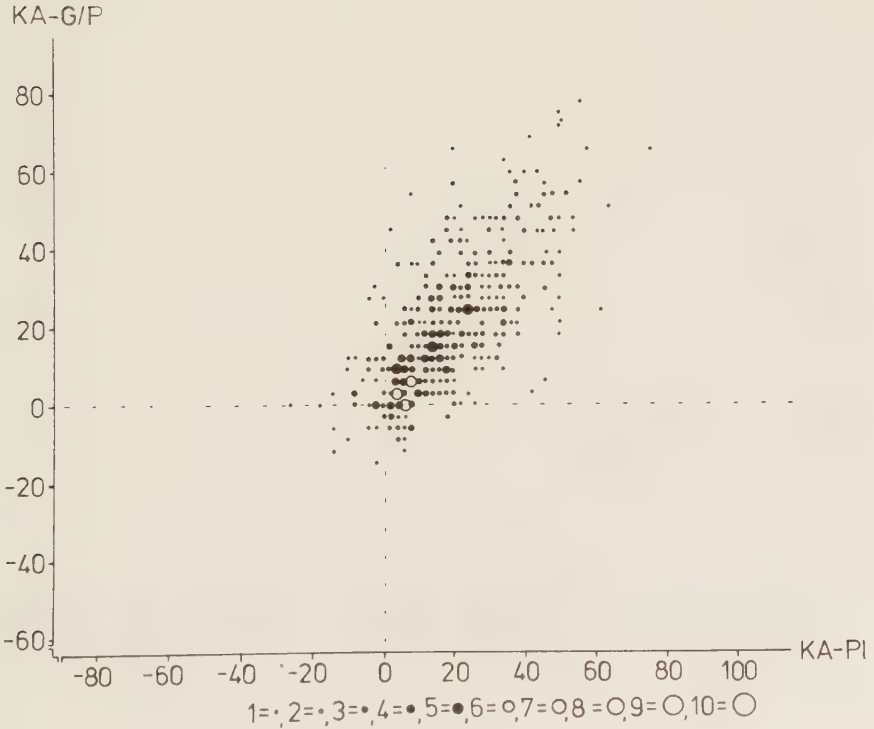
Abbildung 8 zeigt eine lineare Verteilung der planimetrischen Knochenalter. Im Bereich der ersten 40 Monate ist die Steigung dieser Werte etwas größer als in den übrigen Abschnitten. Die Differenz zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Kalenderalter ist demnach in dem Bereich 0-40 Monate am größten.

Abbildung 9: Korrelationsdiagramm Kalenderalter (KA) -
Knochenalter nach Greulich-Pyle (G/P).
Angabe der Koordinaten in Monaten.



Das auffälligste Kriterium dieser Abbildung im Vergleich zu Abb.8 ist die "säulenförmige" Anordnung der morphischen Knochenalter mit freien Intervallen. Die Streubreite der zu einem bestimmten morphischen Knochenalter gehörigen Kalenderalter ist größer als die Streubreite der Kalenderalter bei dem entsprechenden planimetrischen Knochenalter (Abb.8). Die Korrelation zwischen dem Kalenderalter und dem planimetrischen Ossifikationsalter ist demnach ausgeprägter als die Beziehung zwischen dem Kalenderalter und dem Skelettalter nach Greulich-Pyle.

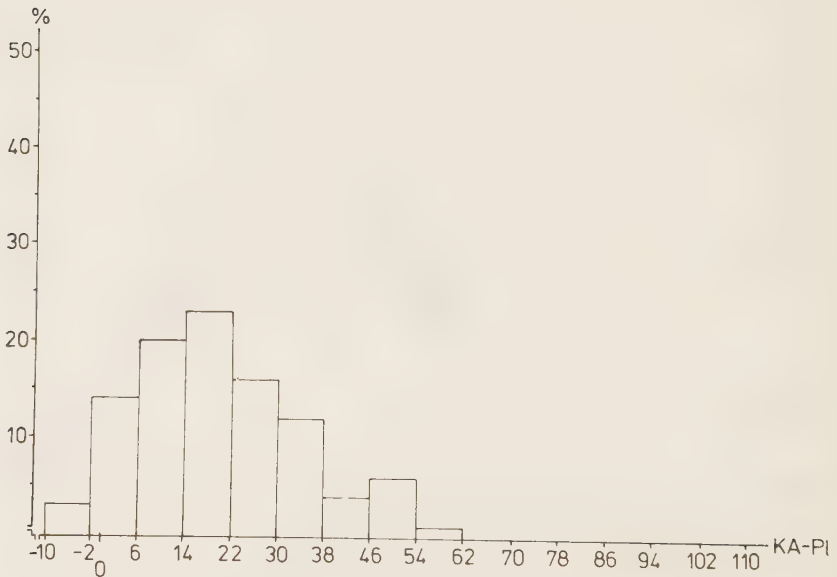
Abbildung 10: Graphische Darstellung der Differenz zwischen dem Kalenderalter und dem Knochenalter nach Greulich-Pyle (KA-G/P) sowie der Differenz zwischen dem Kalenderalter und dem planimetrischen Knochenalter (KA-Pl).
Zahlenangaben auf den Koordinaten in Monaten.



Der größte Teil liegt im oberen rechten Quadranten. In 81,5% ist das Kalenderalter größer als das morphische Knochenalter und in 85,6% größer als das planimetrische Ossifikationsalter. Beide Verfahren sind demnach gegenüber dem Kalenderalter nach links verschoben.

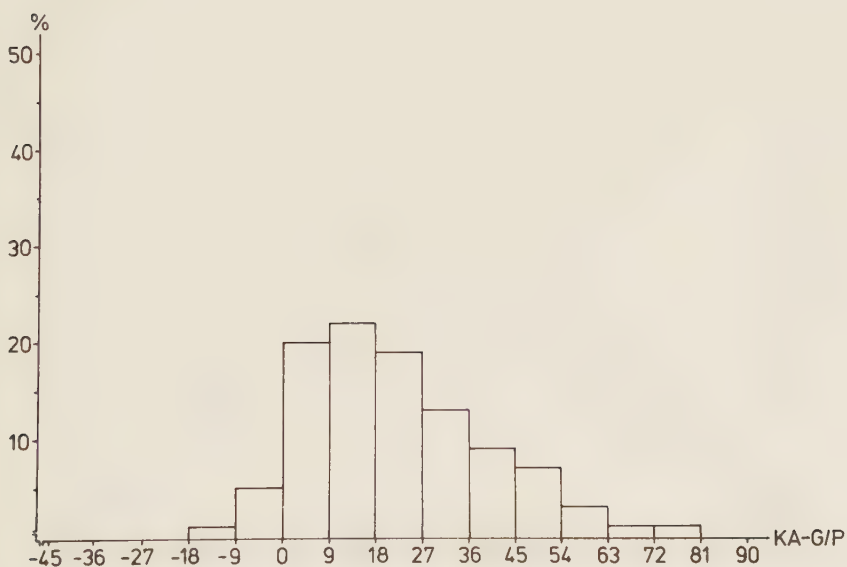
Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Differenz
Kalenderalter - planimetrisches Knochenalter
(KA-Pl).

Zahlenangaben (KA-Pl) in Monaten.



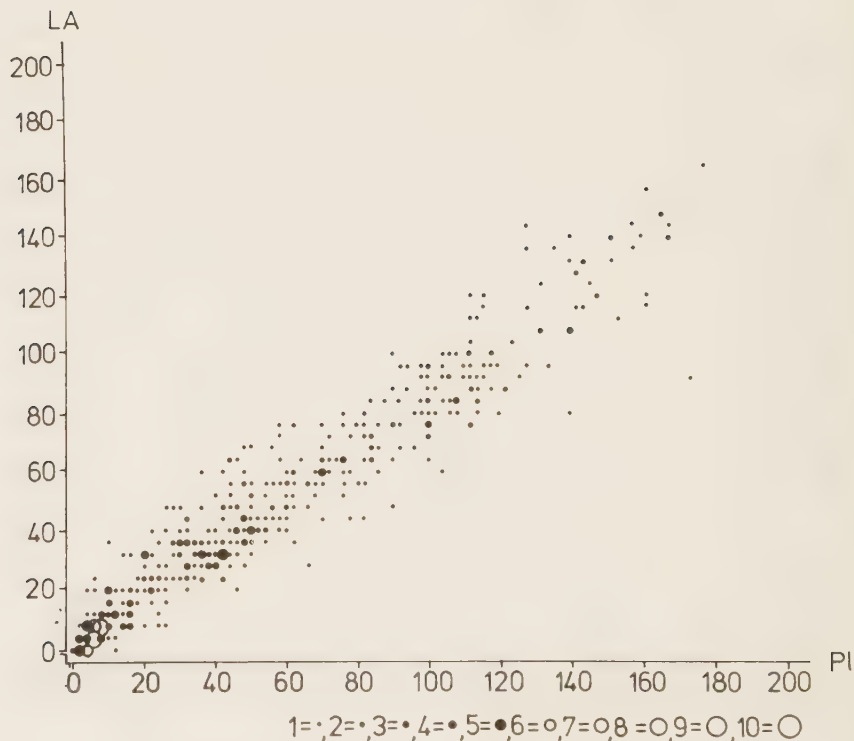
Die größte Abweichung zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Kalenderalter beträgt 62 Monate. In etwa 2/3 der Fälle ist das Kalenderalter um bis zu drei Jahre größer als das planimetrische Ossifikationsalter.

Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der Differenz
Kalenderalter - Knochenalter nach Greulich-Pyle
(KA-G/P).
Zahlenangaben (KA-G/P) in Monaten.



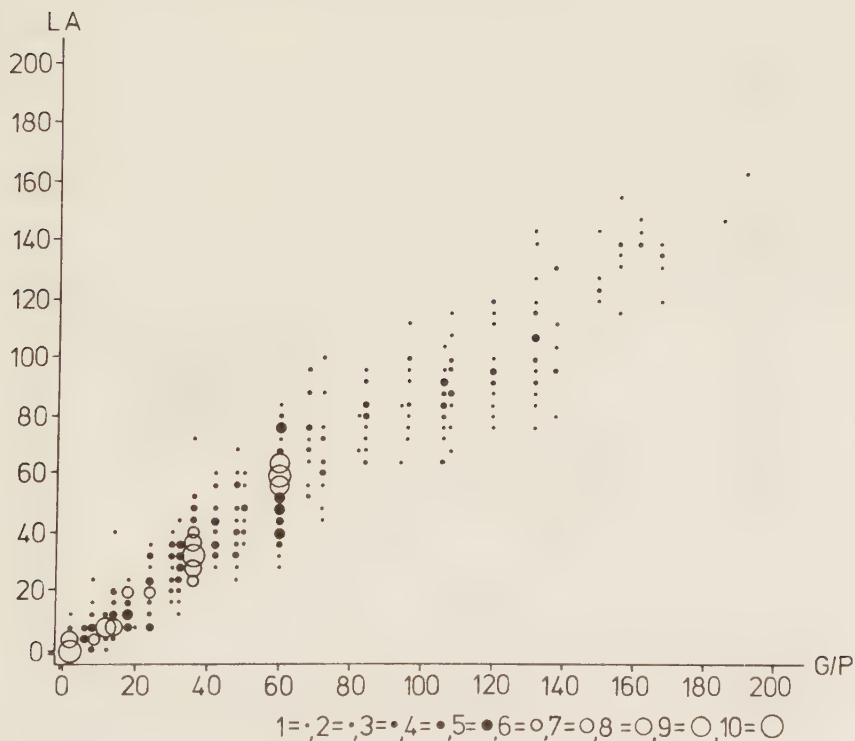
Die größte Abweichung zwischen dem Kalenderalter und dem Knochenalter nach Greulich-Pyle beträgt 81 Monate. In etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle ist das Kalenderalter größer als das Skelettalter nach Greulich-Pyle.

Abbildung 13: Korrelationsdiagramm Längenalter (LA) -
- planimetrisches Knochenalter (Pl).
Angabe der Koordinaten in Monaten.



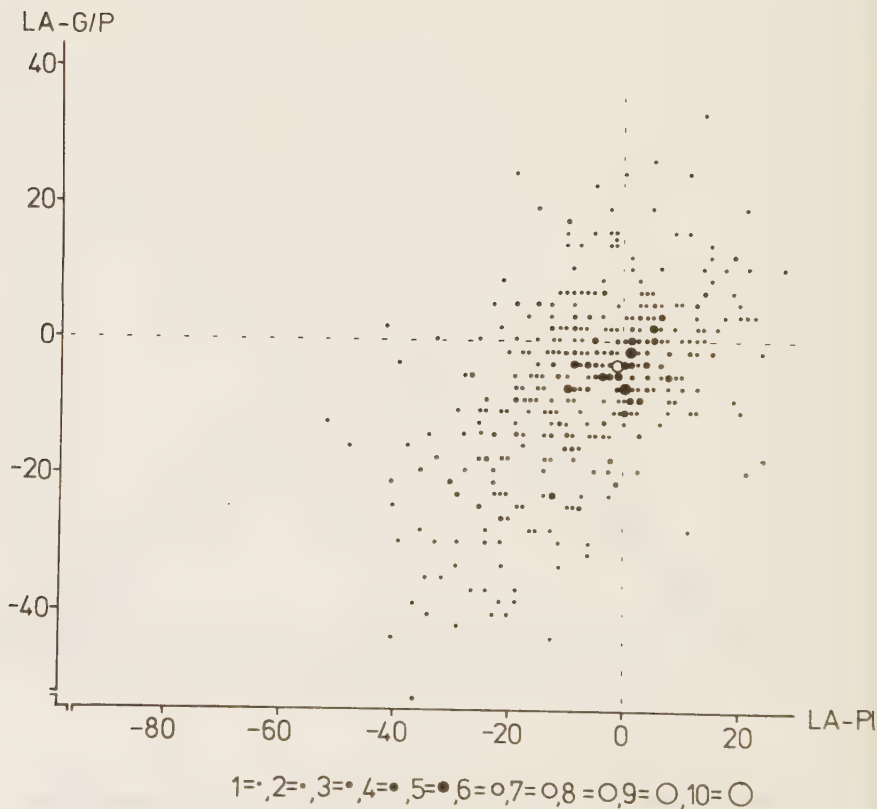
Diese Abbildung zeigt eine gute Korrelation zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Längenalter. Ein unterschiedliches Verhalten der planimetrischen Skelettalter zum Längenalter in den verschiedenen Längenaltersbereichen läßt sich nicht feststellen.

Abbildung 14: Korrelationsdiagramm Längenalter (LA) -
- Knochenalter nach Greulich-Pyle (G/P).
Angabe der Koordinaten in Monaten.



Im Unterschied zu Abb.13 verteilen sich die morphischen Knochenalter "säulenförmig" auf die verschiedenen Bereiche mit freien Intervallen. Die Streubreite des Längenalters bei einem bestimmten Skelettalter ist bei dem Verfahren nach Greulich-Pyle größer als bei der planimetrischen Methode (Abb.13). Das planimetrische Knochenalter zeigt demnach eine bessere Korrelation zum Längenalter als das Ossifikationsalter nach Greulich-Pyle.

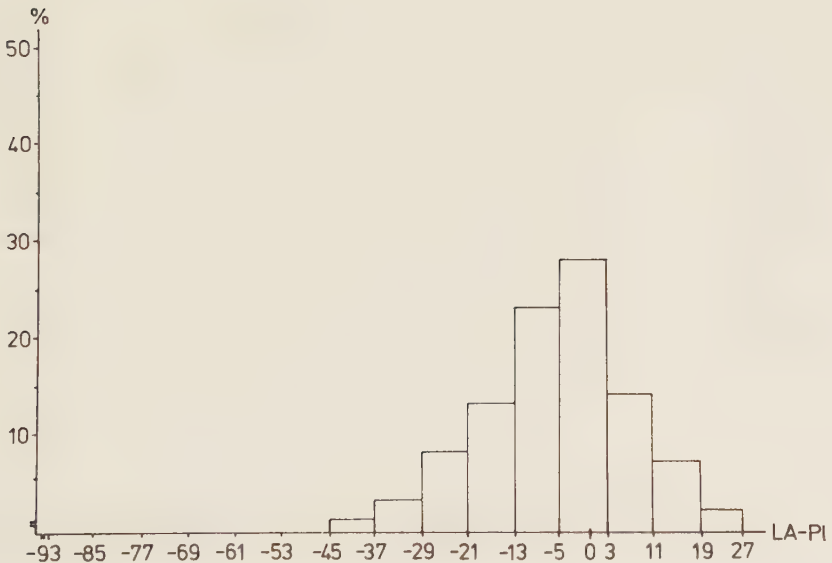
Abbildung 15: Graphische Darstellung der Differenz zwischen dem Längenalter und dem Knochenalter nach Greulich-Pyle (LA-G/P) sowie der Differenz zwischen dem Längenalter und dem planimetrischen Knochenalter (LA-Pl). Angabe der Koordinaten in Monaten.



Die Werte dieser Abbildung gruppieren sich um den Nullpunkt. Insgesamt ist in 61,8% das planimetrische Knochenalter und in 49,7% das Ossifikationsalter nach Greulich-Pyle größer als das Längenalter.

Abbildung 16: Prozentuale Verteilung der Differenz
Längenalter - planimetrisches Knochen-
alter (LA-Pl).

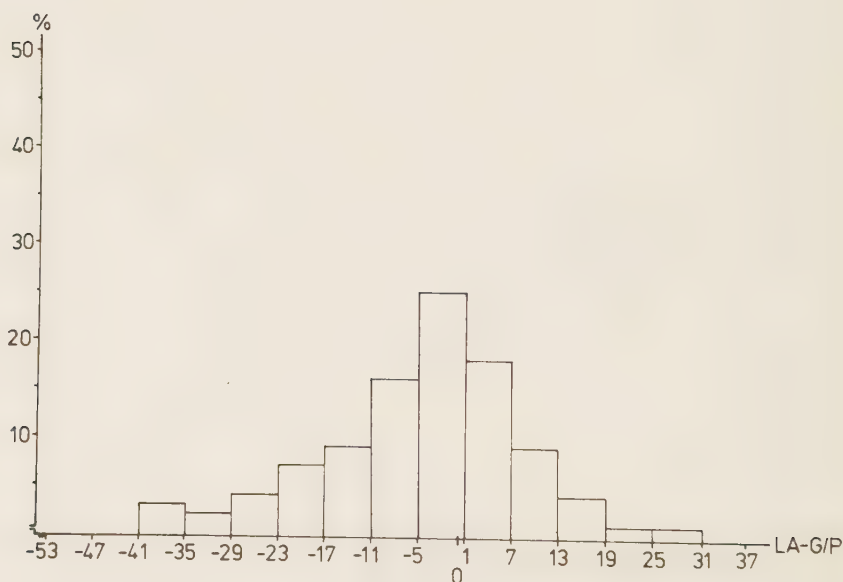
Zahlenangaben in Monaten.



Die größte Differenz zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Längenalter beträgt 45 Monate. In etwa 2/3 der Fälle ist das planimetrische Skelettalter um bis zu 3,5 Jahre größer als das Längenalter.

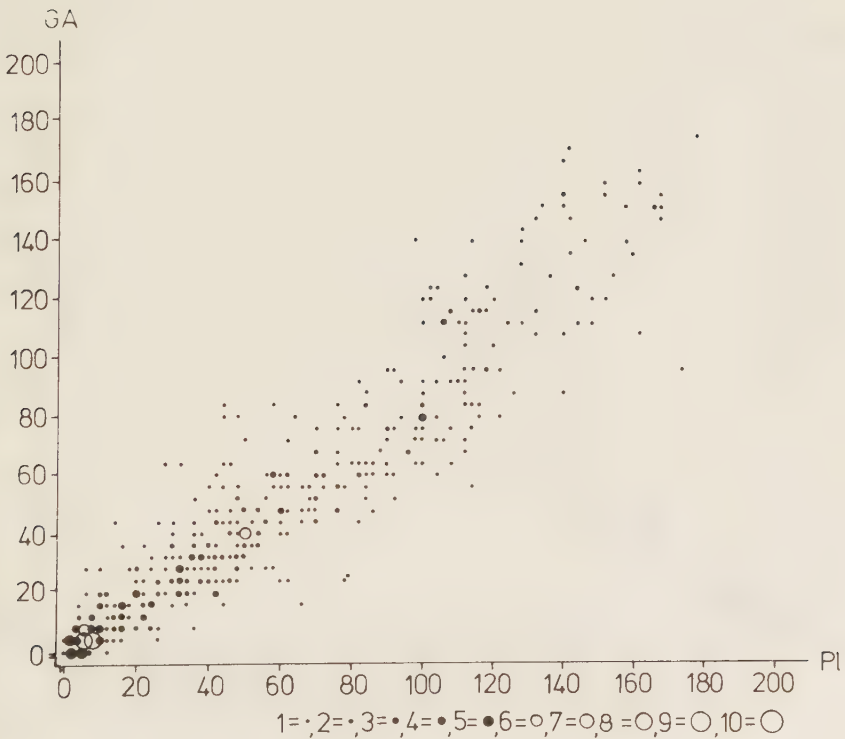
Abbildung 17: Prozentuale Verteilung der Differenz
Längenalter - Knochenalter nach Greulich-
Pyle (LA-G/P).

Zahlenangaben (LA-G/P) in Monaten.



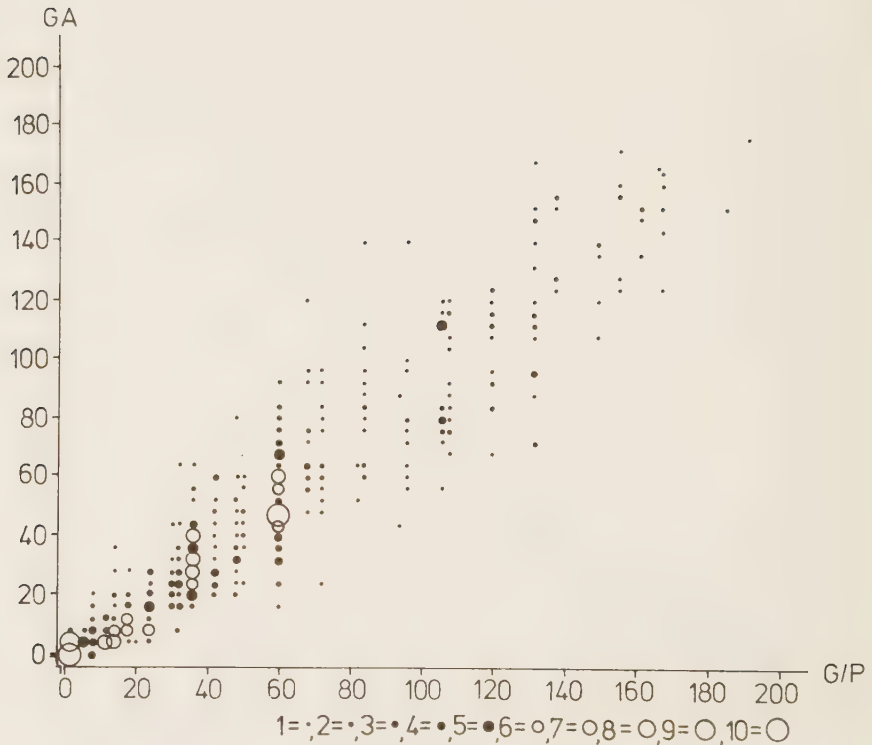
Die größte Differenz zwischen dem morphischen Knochenalter und dem Längenalter beträgt 41 Monate. In ebenfalls 2/3 der Fälle ist das Knochenalter um bis zu 3,5 Jahre größer als das Längenalter.

Abbildung 18: Korrelationsdiagramm Gewichtsalter (GA) -
- planimetrisches Knochenalter (Pl).
Angabe der Koordinaten in Monaten.



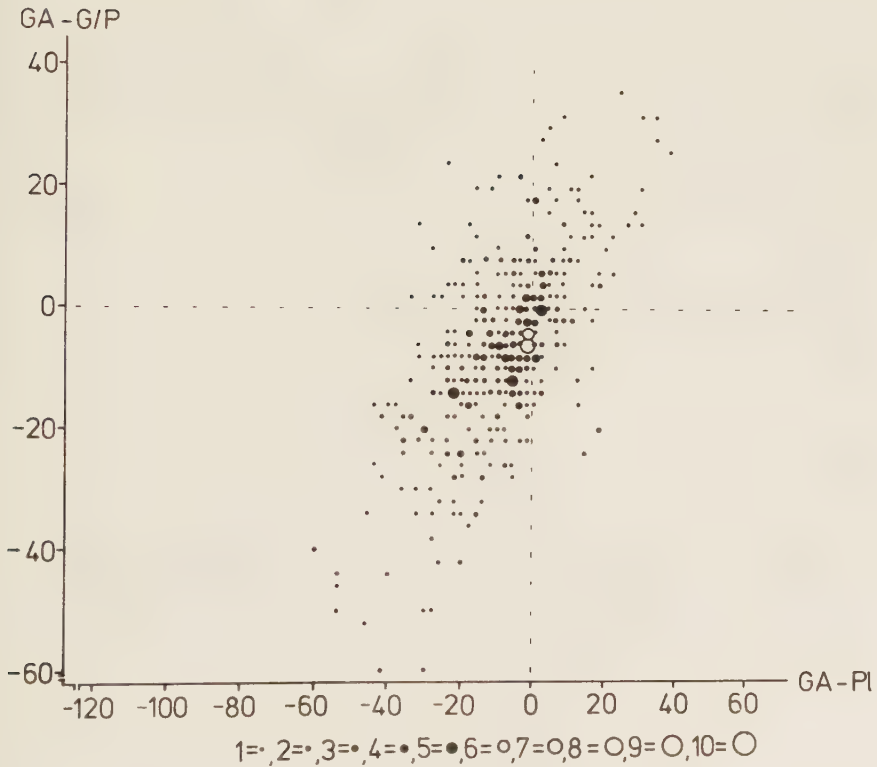
Diese Abbildung zeigt ähnlich wie Abb.5 und Abb.13 eine lineare Verteilung der planimetrischen Knochenalter.

Abbildung 19: Korrelationsdiagramm Gewichtsalter (GA) -
- Knochenalter nach Greulich-Pyle (G/P).
Angabe der Koordinaten in Monaten.



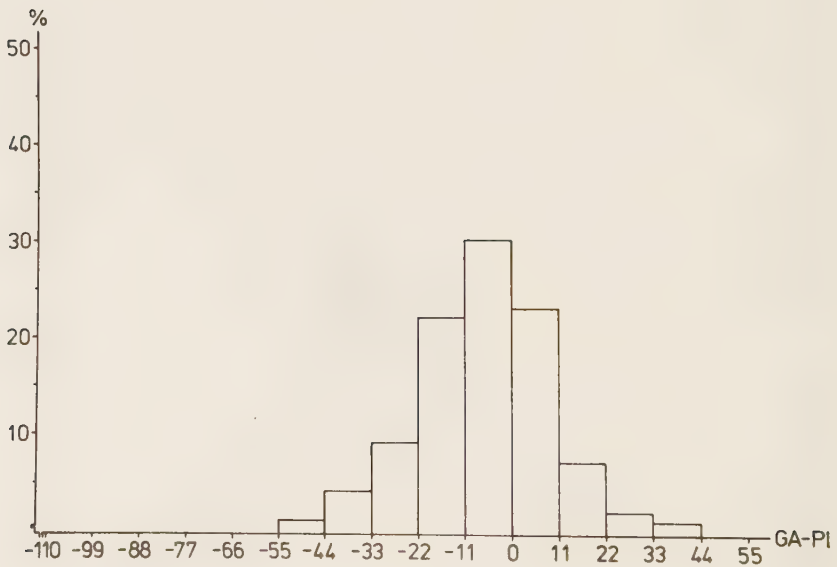
Hervorstechendes Merkmal dieser Abbildung ist die "säulenförmige" Verteilung der morphischen Knochenalter.

Abbildung 20: Graphische Darstellung der Differenz zwischen dem Gewichtsalter und dem Knochenalter nach Greulich-Pyle (GA-G/P) sowie der Differenz zwischen dem Gewichtsalter und dem planimetrischen Knochenalter (GA-Pl). Zahlenangaben auf den Koordinaten in Monaten.



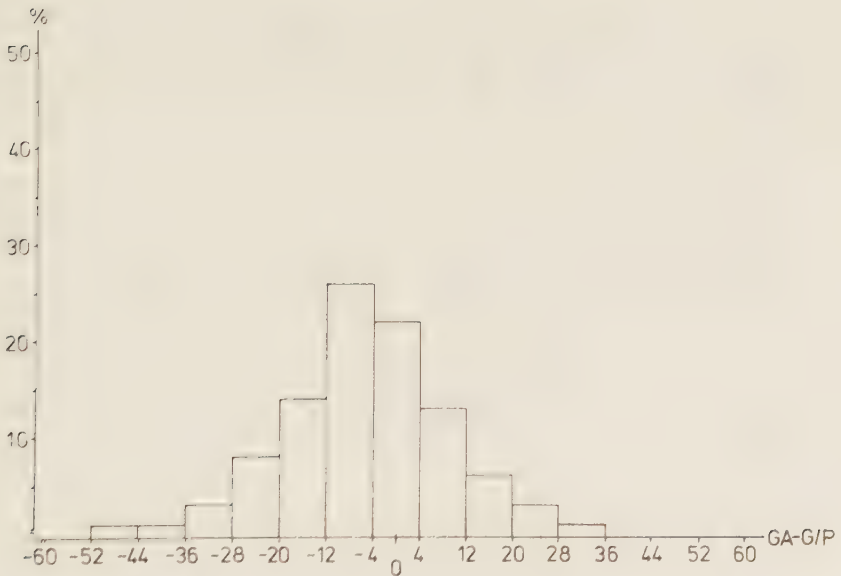
Ähnlich wie in Abb.15 gruppieren sich die Werte um den Nullpunkt. In 64,4% ist das planimetrische Knochenalter und in 55,6% das Skelettalter nach Greulich-Pyle größer als das Gewichtsalter.

Abbildung 21: Prozentuale Verteilung der Differenz
Gewichtsalter - planimetrisches Knochen-
alter (GA-Pl).
Zahlenangaben (GA-Pl) in Monaten.



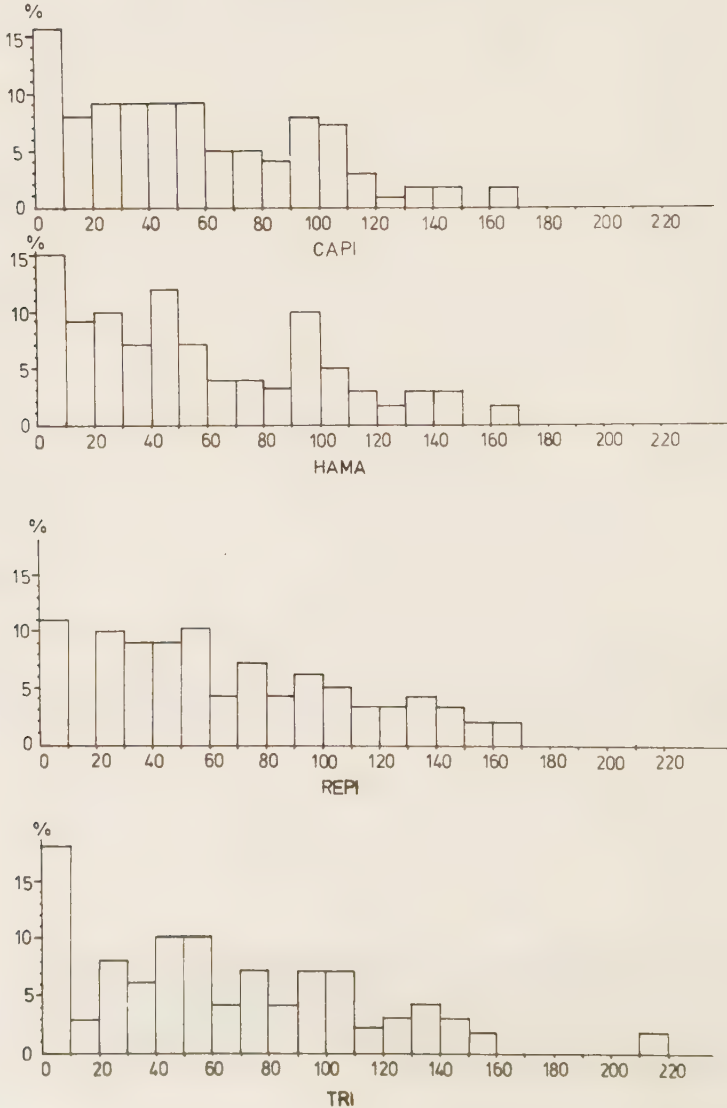
Die größte Differenz zwischen dem planimetrischen Knochenalter und dem Gewichtsalter beträgt 55 Monate. In etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle ist das planimetrische Knochenalter größer als das Gewichtsalter.

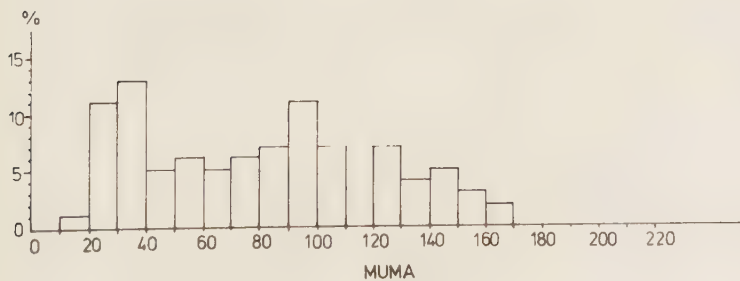
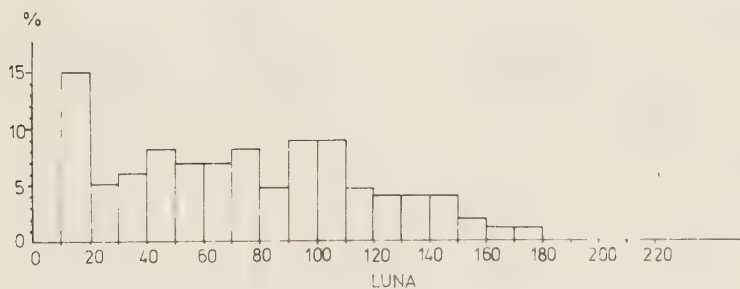
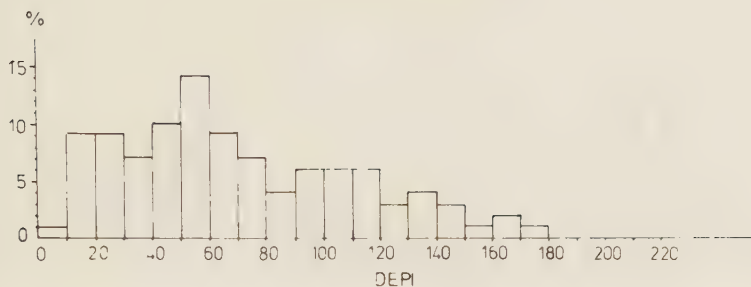
Abbildung 22: Prozentuale Verteilung der Differenz
Gewichtsalter - Knochenalter nach
Greulich-Pyle (GA-G/P).
Zahlenangaben (GA-G/P) in Monaten.



Die größte Differenz zwischen dem morphischen Knochenalter und dem Gewichtsalter beträgt 52 Monate. In ebenfalls 2/3 der Fälle ist das Skelettalter nach Greulich-Pyle größer als das Gewichtsalter.

Abbildung 23: Prozentuale Verteilung der planimetrischen
Einzelknochenalter
Angabe des Knochenalters in Monaten





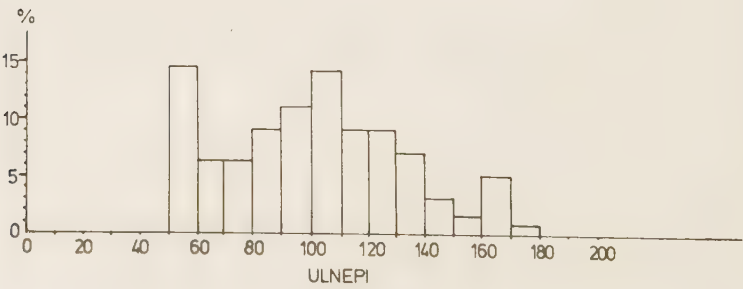
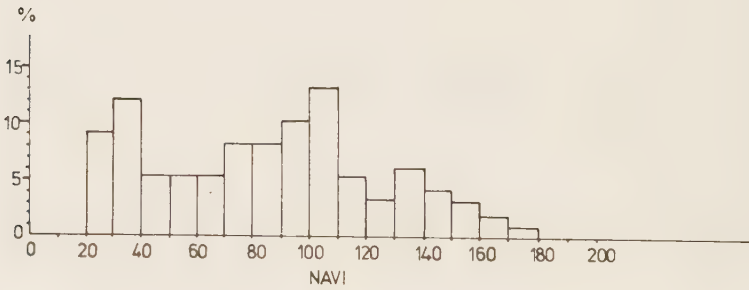
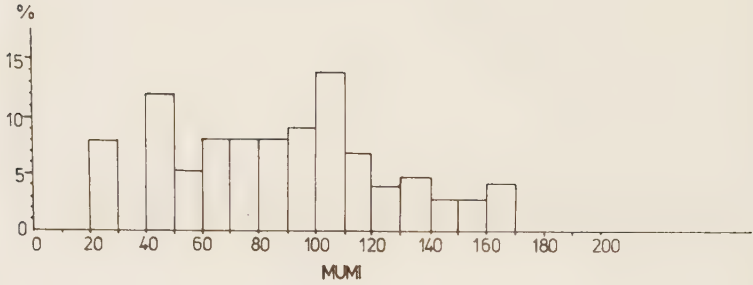
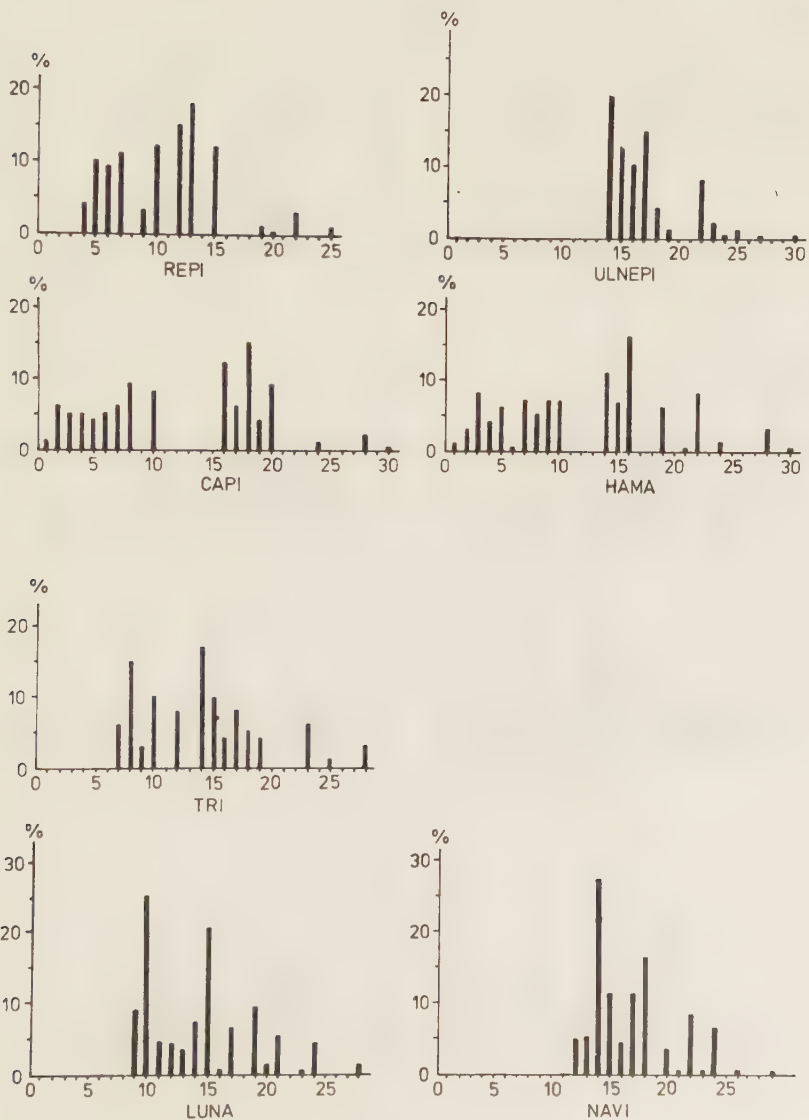
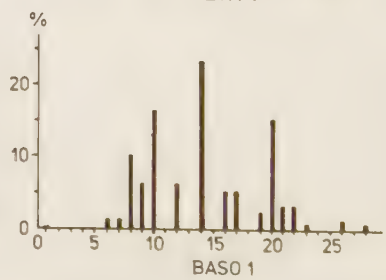
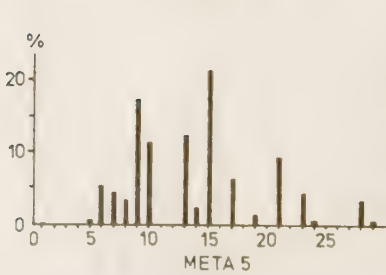
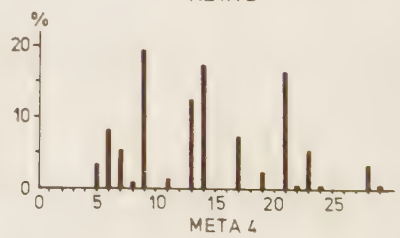
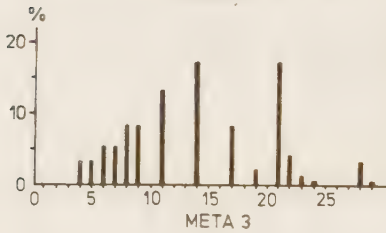
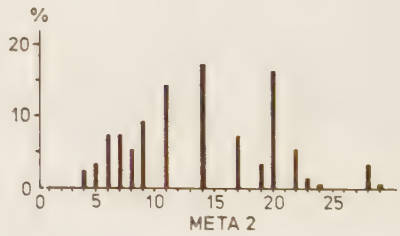
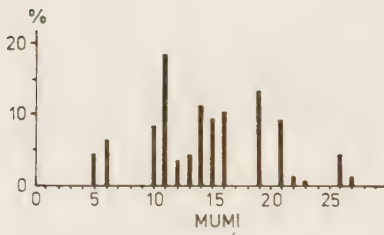
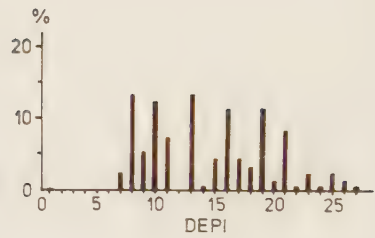
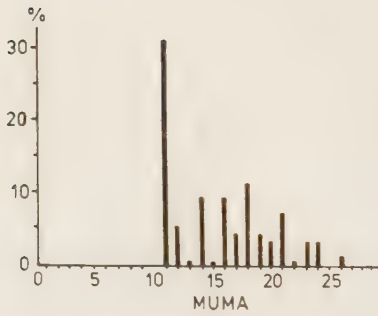
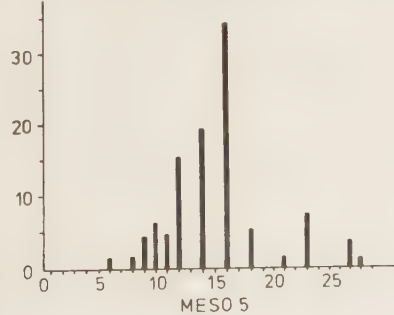
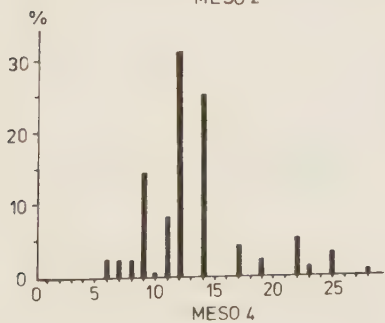
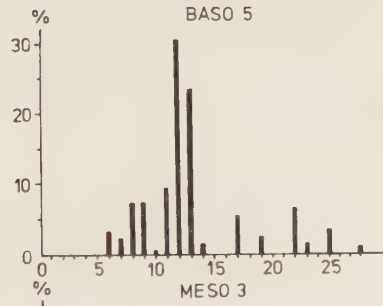
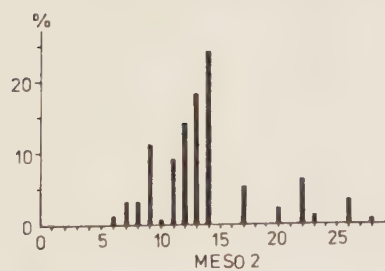
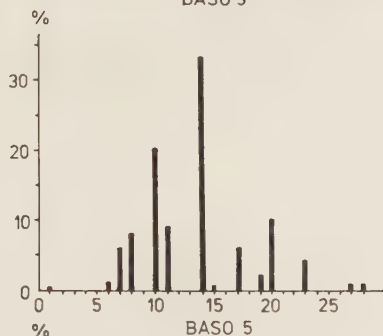
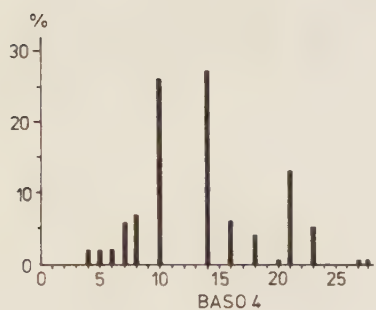
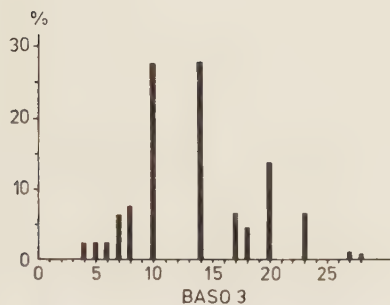
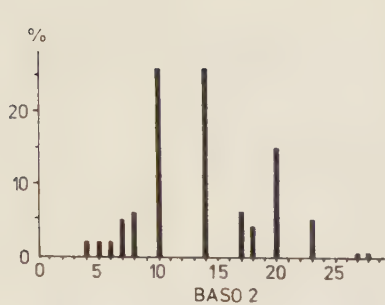
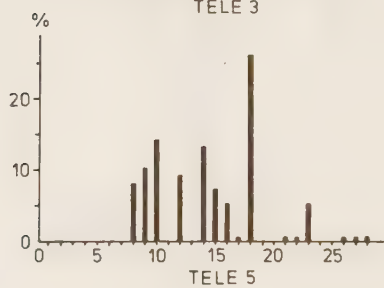
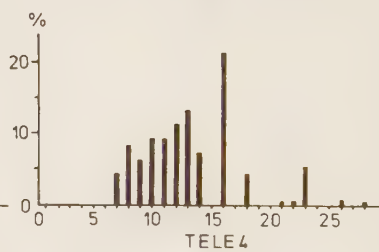
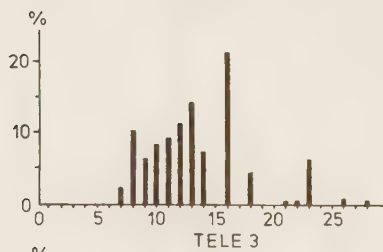
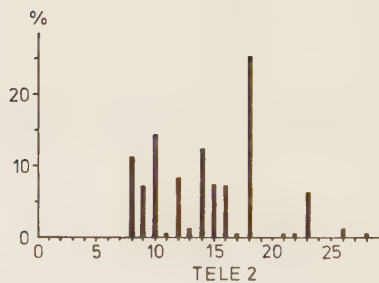
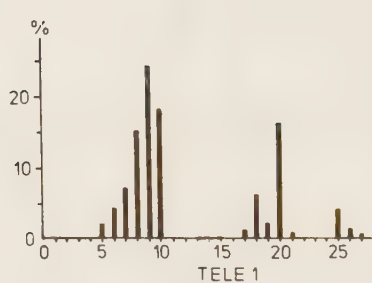


Abbildung 24: Prozentuale Verteilung der Standards der
28 Einzelkerne der Methode Greulich-Pyle.









LITERATURVERZEICHNIS

- 1)Acheson,R.M.: A Method of Assessing Skeletal Maturity from Radiographs.
J.Anat.(Lond.),498-508,(1954).
- 2)Acheson,R.M.: Radiographs of the Hand as an Index of Skeletal Maturity in Infants.
Arch.Dis.Childh. 27,382-385,(1962).
- 3)Budliger,H. : Rundtischgespräch über das Knochenalter.
Der Radiologe 8,296-299,(1971).
- 4)Budliger,H.;Ferrandez,A.;Rumpf,U.: Züricher longitudinale Wachstumsstudie.
Kinderspital Zürich (1970).
- 5)Bland,J.H.;Soule,A.B.;Bushirk,v.,F.W.;Brown,E.;Clayton,R.V.: A Study of Inter- and Intra-Observer Error in Reading Plain Roentgenograms of the Hands.
Am.J.Roentgenol. 105,853-859,(1969).
- 6)Bruns,H.-A. : Röntgendiagnostik des Skeletalters.
Mschr.Kinderheilk. 117,582-583,(1969).
- 7)Bugyi,B. : Beitrag zum mengenmäßigen Wachstum der Knochen.
Fortschr.Röntgenstr. 6,826-829,(1966).
- 8)Eklöf,O.;Ringertz,H.: A Method for Assessment of Skeletal Maturity.
Ann.Radiol. 10,330-336,(1967).
- 9)Fendel,H. : Das Karpogramm als Hilfsmittel bei der Behandlung von Schilddrüsenfunktionsstörungen im Kindesalter.
Mschr.Kinderheilk. 113,285-287,(1965).
- 10)Garn,St.M.;Rohmann,Ch.G.: Communalities of the Ossification Centers of the Hand and Wrist.
Amer.J.Phys.Anthrop. 17,319-329,(1954).
- 11)Garn,St.M. : Determinants of Size and Growth During the First Three Years.
Arch.Dis.Childh. 99,746-751,(1960).

- 12) Garn, St. M.; Rohmann, Ch. G.: Parent-Child Similarities in Hand-Wrist Ossification.
Arch. Dis. Childh. 103, 603-607, (1962).
- 13) Garn, St. M.; Rohmann, Ch. G.: The Number of Hand-Wrist Centers.
Amer. J. Phys. Anthropol. 18, 293-299, (1960).
- 14) Garn, St. M.; Rohmann, Ch. G.; Silverman, F. N.: Radiographic Standards for Postnatal Ossification and Tooth Calcification.
Med. Radiogr. Photogr. 43, 45-66, (1967).
- 15) Garn, St. M.; Rohmann, Ch. G.: Variability in the Order of Ossification of the Bony Centers of the Hand and Wrist.
Amer. J. Phys. Anthropol. 18, 219-230, (1960).
- 16) Graham, C. B.: Assessment of Bone-Maturation-Methods and Pitfalls.
Radiol. Clin. North America 10, 185-202, (1972).
- 17) Greulich, W. W.; Pyle, S. I.: Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist.
Stanford University Press, (1950, 1959).
- 18) Hansmann, Ch. F.; Maresh, M. M.: A Longitudinal Study of Skeletal Maturation.
Arch. Dis. Childh. 101, 305-321, (1961).
- 19) Harnack, v., G.-A.: Reifebestimmung des Skeletts im Kindesalter.
Z. Geburtsh. Gynäk. 78, 237-244, (1974).
- 20) Hughes, P. C.; Tanner, J. M.: The Development of Carpal Bone Fusion as Seen in Serial Radiographs.
Brit. J. Radiol. 39, 943-949, (1966).
- 21) House, R. W.: A Summary of Forty-Nine Radiologists Opinions on the Skeletal Age Limits of Apparently Normal Six-Year-Old Children.
Am. J. Roentgenol. 64, 442-445, (1950).
- 22) Johnson, G. F.; Dorst, J. P.; Kuhn, J. P.; Roche, A. F.; Davilla, G. H.: Reliability of Skeletal Age Assessments.
Am. J. Roentgenol. 118, 320-328, (1973).

- 23)Lauterstein,A.M.: A Cross-Sectional Study in Dental Development and Skeletal Age. J.Amer.dent.Ass. 62,161-167,(1962).
- 24)Mainland,D.: Evaluation of the Skeletal Age Method of Estimating Children's Development. I) Systematic Errors in the Assessment of Roentgenograms. Pediatrics 12,114-129,(1953).
- 25)Mainland,D.: Evaluation of the Skeletal Age Method of Estimating Children's Development. II) Variable Errors in the Assessment of Roentgenograms. Pediatrics 13,165-173,(1954).
- 26)Mainland,D.: Evaluation of the Skeletal Age Method of Estimating Children's Development. III)Comparison of Measurement and Inspection in the Assessment of Roentgenograms. Pediatrics 20,979-992,(1957).
- 27)Markuske,H.: Vergleichende Untersuchungen des Knochenalters und Zahnalters von Familienkindern und Krippenkindern im Alter von 6 bis 30 Monaten. Z.Kinderheilk. 100,27-34,(1967).
- 28)Mellman,W.J.;Bongiovanni,A.M.;Hope,J.W.: The Diagnostic Usefulness of Skeletal Maturation in an Endocrine Clinic. Pediatrics 23,530-544,(1959).
- 29)Moll,H. : Das Röntgenbild der Hand.Diagnostische Verwendbarkeit. Pädiat.prax. 2,107-122,(1963).
- 30)Patton,R.G.;Gardner,L.I.: Influence of Family Environment on Growth: The Syndrome of Maternal Deprivation. Pediatrics 30,957-962,(1962).
- 31)Pyle,S.I.;Reed,R.B.;Stuart,H.C.: Patterns of Skeletal Development in the Hand. Pediatrics 2,886-903,(1959).

- 32)Pyle,S.I.;Sontag,L.W.: Variability in Onset of Ossification in Epiphyses and Short Bones of the Extremities.
Am.J.Roentgenol. 49,795-798,(1943).
- 33)Pyle,S.I.;Waterhouse,A.M.;Greulich,W.W.: A Radiographic Standard of Reference for the Growing Hand and Wrist.
Year-Book Med.Publ. Chicago (1971).
- 34)Roche,A.F.;Rohmann,Ch.G.;French,N.Y.;Davilla,G.H.: Effect of Training on Replicability of Assessments of Skeletal Maturity (Greulich-Pyle).
Am.J.Roentgenol. 108,511-515,(1970).
- 35)Roche,A.F.: Lateral Comparisons of the Skeletal Maturity of the Human Hand and Wrist.
Am.J.Roentgenol. 89,1272-1279,(1963).
- 36)Rotch,Th.M.: Chronologic and anatomic Age in Early Life.
J.Amer.med.Ass. 51,1197-1205,(1908).
- 37)Sauvegrain,J.;Nahum,N.;Carle,F.: La Maturation Osseuse Interet de la Determination de L'Age Osseux.Methodes D'Evaluation (Revue Generale).
Ann.Radiol. 5,535-541,(1962).
- 38)Schmid,F.;Moll,H.: Atlas der normalen und pathologischen Handskelettentwicklung.
Springer,Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960).
- 39)Schulte-Brinkmann,W.;Konrad,R.M.: Zur Meßtechnik der Hand- und Fußwurzelknochen bei Kindern.
Fortschr.Röntgenstr. 90,544-550,(1963).
- 40)Schulte-Brinkmann,W.;Konrad,R.M.;Ehlers,F.: Vergleichende Untersuchungen zur linearen und planimetrischen Messung von Handwurzelknochen.
Fortschr.Röntgenstr. 104,254-258,(1966).
- 41)Stuart,H.C.;Pyle,S.I.;Cornoni,J.;Reed,R.B.: Onsets, Completions and Spans of Ossification in the 29 Bone-Growth Centers of the Hand and Wrist.
Pediatrics 29,237-249,(1962).

- 42)Stuart,H.C.;Stevenson,S.S.;Nelson,W.E.: Textbook of Pediatrics,45-46,(7.Auflage).
Saunders,W.B.,Co;Philadelphia,London,(1959).
- 43)Sutow,W.W.;Terasaki,T.;Ohwada,K.: Comparison of Skeletal Maturation with Dental Status in Japanese Children.
Pediatrics 14,327-333,(1954).
- 44)Tanner,J.M.: The Assessment of Growth and Development in children.
Arch.Dis.Childh. 27,10-33,(1952).
- 45)Tanner,J.M.;Whitehouse,R.H.;Healy,M.J.R.: Standards for Skeletal Age.A New Sytem for Estimating Skeletal Maturity from Hand and Wrist Radiographs with Standards derived from a Study of 2600 Healthy British Children.
Internationals Children Centre,Paris,(1962)
- 46)Tanner,J.M.;Whitehouse,R.H.;Goldstein,H.: A New System for Estimating Skeletal Maturity from Hand and Wrist Radiographs with Seperate Standards for Carpal and other Bones.
Internationals Children Centre,Paris,(1972).
- 47)Teller,W.: Echter und scheinbar endokriner Minderwuchs.
Der Internist(Berl.) 6,15-22,(1965).
- 48)Todd,T.W.: Atlas of Skeletal Maturation (Hand).
Mosby.Comp.St.Louis (1937).
- 49)Vogt,D.: Über den gegenwärtigen Stand der Akzeleration in Bayern.
Archiv.Kinderheilk. 159,141,(1959).
- 50)Wagner,R.;Cohen,M.M.: Skeletal Maturation and Dental Development.
Arch.Dis.Childh. 96,593-594,(1958).

Am Ende der Arbeit danke ich Herrn Dr.med.Butenandt für die Übernahme des Koreferats.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Priv.Doiz.Dr.Thurmayr und Herrn Dipl.-math. Welzel vom Institut für Mediz. Statistik,Dokumentation und Datenverarbeitung der Technischen Universität München dafür,daß sie mir die statistische Auswertung meiner Ergebnisse in ihrem Institut ermöglichten und mich stets mit fachmännischen Rat unterstützten.

LEBENS LAUF

Name: KLEIN, Bernhard
geb.: 27.06.1947
Geburtsort: 8382 Arnstorf
Wohnort: 8360 Deggendorf, Bahnhofstr.7/9
Eltern: Vater : Rudolf Klein, Kaufmann, Arnstorf
Mutter : Christa Klein, Hausfrau, Arnstorf
Geschwister: drei
Ehefrau: Regina Klein, geb. Kampf, Deggendorf
Schulen: Volksschule Arnstorf
Humanistisches Gymnasium Pfarrkirchen
Mittelschule Landau/Isar
Math.-nat. Gymnasium Deggendorf
Abitur in Deggendorf 1968
Studienweg: Zahnmedizin, Beginn Wintersemester 1968
Lud.-Max. Universität München
Vorphysikum nach dem 2. Semester
Physikum nach dem 5. Semester
Staatsexamen nach dem 10. Semester, 1974
Bestallung 30.01.1974
Assistentenzeit: 01.02.1974 - 30.06.1975,
Dr.Haberl, Landsberg, Kirchenplatz
01.07.1975 - 26.09.1976,
Zahnstation, Fliegerhorst Penzing
01.10.1976, eigene Praxis,
8360 Deggendorf, Bahnhofstr.7/9

